



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Eficiencia en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en vacas lactantes en tres tercios de lactancia y dos épocas del año

Laura Alejandra Flórez Gómez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Posgrado en Ciencias Agrarias
Medellín, Colombia

2016

Eficiencia en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en vacas lactantes en tres tercios de lactancia y dos épocas del año

Laura Alejandra Flórez Gómez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ciencias Agrarias

Director:

Héctor Jairo Correa Cardona, PhD

Línea de Investigación:

Nutrición animal

Grupo de Investigación:

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Posgrado en Ciencias Agrarias
Medellín, Colombia
2016

A mis padres quienes siempre acompañan mi camino, y a mi hermana quien es mi mayor apoyo.

Agradecimientos

A Dios por la darme la oportunidad de llevar a cabo mis estudios.

A mi familia que siempre ha estado a mi lado para apoyarme y darme fortaleza en todos los momentos de mi vida.

Al profesor Héctor Jairo Correa Cardona, por el acompañamiento y la paciencia en el camino de mi formación personal y académica. Sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible.

A Colciencias (convocatoria 543 de 2011) por financiar mi maestría y este trabajo de investigación.

Al profesor Mauricio Alviar y John Flórez por toda su colaboración en la gestión de los recursos utilizados en este proyecto.

A Ligia Jaimes y Luis Fernando Escalante por su colaboración tanto en el trabajo de campo como en el laboratorio.

A Sebastián Ramírez, Jorge Morales, Reynaldo Builes, Vicente Lopera y Javier Henao por su amabilidad, colaboración y sobre todo por permitirme realizar el trabajo en sus fincas.

Resumen

Con la finalidad de calcular la eficiencia en el uso del N (Nitrógeno), P (Fósforo) y K (Potasio) en sistemas de producción de lechería especializada en el norte del departamento de Antioquia se tomaron cinco hatos ubicados en cinco municipios de esta región, cuya base forrajera fuera kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) y tuvieran vacas de la raza Holstein. De estos hatos se seleccionaron 9 vacas (tres de cada tercio), en dos épocas del año, una lluviosa (mayo-junio) y una seca (septiembre- agosto), para un total de 45 vacas por época y 90 en total. A estas se les estimó el consumo de materia seca total por medio de la estimación del consumo de materia seca del forraje y de los suplementos alimenticios. Para el CMS del forraje se utilizó óxido de cromo como marcador externo y materia seca indigerible como marcador interno. La medición del consumo de los suplementos alimenticios se hizo directamente en los comederos durante los ordeños. Se estimó la excreción de N, P Y K en heces, orina y la secreción láctea por medio del análisis de estas a muestras tomadas de heces, orina y leche, para posteriormente realizar la digestibilidad y el cálculo de la eficiencia en el uso de estos minerales. Los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 3 x 2 (tres tercios y dos épocas) mediante el programa estadístico SAS. Los resultados indican que en general, no hubo interacción entre la época del año y el tercio de lactancia sobre ninguna de las variables evaluadas. Los resultados arrojaron que a medida que avanzó el tercio de la lactancia el CMSs y el CMSt disminuyeron en tanto que el CMSp presentó una disminución en el segundo tercio y así se mantuvo durante el último tercio. En la época seca el CMSp y el CMSt fueron mayores mientras que el CMSs tendió a ser mayor en la época lluviosa. El CMSp, como porcentaje del CMSt como era de esperarse, se incrementó con el avance del tercio de la lactancia ($p < 0,01$) y además, fue mayor en la época seca ($p < 0,01$). La eficiencia en el uso del N no fue afectada ni por la época del año ($p > 0,841$) ni por el tercio de la lactancia ($p > 0,120$), la eficiencia del P ($p < 0,05$) y la del K ($p < 0,0005$) disminuyeron conforme avanzó la lactancia, debido a que fue en el primer tercio de la lactancia donde a pesar de que se dio el mayor consumo de P y K, se dio la mayor excreción de P y K en la leche. Además la eficiencia en el uso del

K fue mayor en la época lluviosa ($p<0,016$), ya que fue en esta época donde se presentó el menor consumo de K con la mayor excreción de K en la leche.

Palabras clave: suplementación, forraje, estación seca, estación lluviosa, excreción, secreción, nutrientes, digestibilidad.

Abstract

With the purpose of calculate the efficiency of N (Nitrogen), P (Phosphorus) and K (Potassium) in Dairy systems specialized in the northern department of Antioquia, five herds were taken in five municipalities in the region, whose forage base was Kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) and were Holstein cows. Of these herds nine cows (three of every third) were selected in two seasons, a rainy season (May-June) and dry season (September-August), having 45 cows for season and 90 in total. The total dry matter intake was determined by estimating of dry matter intake of forage and food supplements. For the CMS of forage chromium oxide as external marker and indigestible dry matter as internal marker was used. The supplements intake was made directly at the feeders during milking. Excretion of N, P and K was estimated in faeces, urine and milk secretion by analyzing these samples taken from feces, urine and milk. Afterwards it was made the digestibility and the calculation of the efficiency of these minerals. The data were analyzed in a completely randomized design in a 3 x 2 factorial arrangement (three thirds and two times) using the SAS statistical program. The results indicate that in general, there was no interaction between the season and the third of lactation on any of the evaluated variables. The results showed that as the third of lactation progressed the CMSs and CMSt decreased, while the CMCp showed a decrease in the second third and remained so during the last third. In the dry season CMSp and CMSt were higher while the CMSs tended to be higher in the rainy season. CMSp, as a percentage of CMSt as expected, increased with the progress of the third of lactation ($p<0.01$) and also, was higher in the dry season ($p<0.01$). The efficiency of use of N was not affected neither by the season ($p>0.841$) or by the third of lactation ($p>0.120$), the efficiency of P ($p<0.05$) and K ($p<0.0005$) decreased with advanced of lactation, because it was in the first third of lactation where although of the increased the intake of P and K, it was increased excretion of P and K in the milk. Besides the efficiency in use of K was higher in the rainy season ($p<0.016$), because it was at this season where it was presented the lowest intake of K with the increased excretion of K in milk.

Key words: Supplementation, forrage, dry season, rainy season, excretion, secretion, nutrient, digestibility

Contenido

Contenido	Pág.
1. Revisión de literatura.....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Excreción de nutrientes.....	4
1.2.1 Nitrógeno.....	5
1.2.2 Fosforo.....	6
1.2.3 Potasio.....	7
1.3 Eficiencia en el uso de nutrientes.....	8
1.4 Efecto del clima sobre el N, P, y K.....	13
1.5 Bibliografía.....	15
2. Estimación del consumo de materia seca en vacas del norte de Antioquia en tres tercios de lactancia y dos épocas del año.....	23
2.1 Resumen.....	23
2.1.1 Abstract.....	24
2.2 Introducción.....	24
2.3 Materiales y métodos.....	26
2.3.1 Localización.....	26
2.3.2 Animales experimentales.....	26
2.3.3 Toma de muestras.....	27
2.3.4 Estimación del consumo de materia seca (CMS).....	27
2.3.5 Análisis de laboratorio.....	29
2.3.6 Análisis estadístico.....	29
2.4 Resultados.....	29
2.5 Discusión.....	34
2.6 Conclusiones.....	38
2.7 Bibliografía.....	38
3. Eficiencia en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en vacas Holstein del norte de Antioquia en los tres tercios de lactancia y en dos épocas del año.....	43
3.1 Resumen.....	43
3.1.1 Abstract.....	44
3.2 Introducción.....	45
3.3 Materiales y métodos.....	46
3.3.1 Localización.....	46
3.3.2 Animales experimentales.....	46
3.3.3 Toma y análisis de muestras.....	47
3.3.4 Análisis de laboratorio.....	47
3.3.5 Eficiencia en el uso de N, P y K.....	48

3.3.6	Análisis estadístico	48
3.4	Resultados.....	49
3.5	Discusión	53
3.5.1	Uso del N	54
3.5.2	Uso del P.....	58
3.5.3	Uso del K.....	59
3.6	Conclusiones	61
3.7	Bibliografía.....	62
4.	Conclusiones y recomendaciones	69
4.1	Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
4.2	Recomendaciones	¡Error! Marcador no definido.

Lista de figuras

	Pág.
Ilustración 1 Excreción de N urinario, fecal y en leche trazado sobre el rango de N consumido.....	10
Ilustración 2. Precipitación promedio en las épocas lluviosa y seca entre los años 2006-2011 comparados con el año 2014 en el norte de Antioquia.	30

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1 Diferentes Eficiencias en el uso de N de ganado de leche y ganado de carne..	9
Tabla 1-2 . Diferentes eficiencias en el uso de P en ganado de leche y de carne.	11
Tabla 2-1 Humedad relativa (HR), temperatura ambiental (TEMP) y precipitación (PREP) promedio diaria en las dos épocas del año evaluadas	30
Tabla 2-2 Efecto del periodo de evaluación sobre la composición química de las praderas de kikuyo (<i>Cenchrus clandestinus</i>) en cinco hatos lecheros del norte de Antioquia (n=10).	32
Tabla 2-3 Efecto del periodo de evaluación sobre la composición química de los suplementos alimenticios utilizados para vacas lactantes en cinco hatos lecheros del norte de Antioquia (n=10).....	32
Tabla 2-4 Días en lactancia, peso vivo, grado de condición corporal y producción y calidad de la leche en función del tercio de lactancia y la época del año del año (n=86).	33
Tabla 2-5 Consumo de suplemento, consumo de forraje, consumo total y consumo de la pradera como porcentaje del consumo total en función del tercio de lactancia y el periodo del año.....	34
Tabla 3-1 Eficiencia en el uso del Nitrógeno en función del tercio de lactancia	50
Tabla 3-2 Eficiencia en el uso del Nitrógeno en función del época del año	50
Tabla 3-3 Eficiencia en el uso del Fosforo en función del tercio de lactancia	51
Tabla 3-4 Eficiencia en el uso del Fosforo en función de la época del año.....	52
Tabla 3-5 Eficiencia en el uso del Potasio en función del tercio de lactancia	53
Tabla 3-6 Eficiencia en el uso del Potasio en función de la época del año.....	53

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviatura	Término
CC	Capacidad de carga
CEN	Contenido de cenizas
Cm	Centímetros
CMS	Consumo de materia seca
CMSp	Consumo de materia seca de la pradera
CMSs	Consumo de materia seca de los suplementos
CMS_t	Consumo de materia seca total
Cr	Cromo
DEL	Días en leche
Dig, del K	Digestibilidad del Potasio
Dig, del P	Digestibilidad del fosforo
Dig. del N	Digestibilidad del nitrógeno
DNA	Ácido desoxirribonucleico
E	Época
EE	Extracto etéreo
EEM	Error estándar de la media
Efic , K	Eficiencia en el uso del potasio
Efic P	Eficiencia en el uso de fosforo
Efic, %	Eficiencia en el uso del nitrógeno
ExcN	Excreción de nitrógeno
ExcP	Excreción de fósforo
FDAi	Fibra en detergente ácido indigestible
FDN	Fibra en detergente neutro
FDNi	Fibra en detergente neutro indigestible

G	Gramos
G	Grasa
G.C.C	Grado de condición corporal
H	Heces
Ha	Hectárea
K	Potasio
K Exc	Excreción de potasio
Kforr	Potasio consumido del forraje
Kg	Kilogramo
Kheces,	Contenido de potasio en las heces
Kleche	Contenido de potasio en la leche
Kret,	
Ksupl	Potasio consumido del suplemento
Ktot	Potasio consumido total
Ktot, % de la MS	Contenido de potasio como porcentaje de la materia seca
Kurin	Contenido de potasio en la orina
Lluv.	Época lluviosa
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
m²	Metros cuadrados
MI	Mililitros
Mm	Milímetros
MS	Materia seca
MSi	Materia seca indigestible
MSif	Materia seca indigerible en el forraje
MSih	Materia seca indigerible en las heces
MSis	Materia seca indigerible en los suplementos alimenticios
N	Nitrógeno
Nforr	Nitrógeno consumido del forraje
Nheces	Nitrógeno en las heces
Nleche	Contenido de nitrógeno en la leche

Nsupl	Nitrógeno consumido del suplemento
Ntot	Nitrógeno consumido total
Nurin	Contenido de nitrógeno urinario
P	Fosforo
P	Valor <i>p</i>
PC	Proteína cruda
PCdieta,	Proteína cruda de la dieta
Pforr	Fosforo consumido del forraje
Pheces	Contenido de fosforo en las heces
PL	Producción de leche
Pleche	Contenido de fosforo en la leche
Psupl	Fosforo consumido del suplemento
Ptot	Fosforo consumido total
Ptot,% de la MS	Fosforo consumido total como porcentaje de la materia seca
Purin	Contenido de fosforo en la orina
PV	Peso vivo
RNA	Ácido ribonucleico
Sal K	Potasio consumido de la sal
Sal P	Contenido de fosforo en la sal
Sec.	Época seca
ST	Sólidos totales
T	Tercio de lactancia

Introducción

El departamento de Antioquia es el principal productor de leche en Colombia con una producción para el 2012 de 3.500.000 litros/ día (Gobernación de Antioquia, 2012). Para el segundo trimestre del 2013 la participación de Antioquia en la producción nacional fue del 34,4%, seguido del Altiplano Cundiboyacense con un 31,7%, las cuales juntas son el 65% del total de la producción nacional (MADR, 2013). Se estima que en Antioquia el 88% de los sistemas de producción de leche son intensivos (MADR, 2013) y se localizan principalmente en la subregión del norte y oriente, entre los 2000 y 2600 m.s.n.m. En estos sistemas de producción cerca del 70% de las praderas están establecidas en pasto kikuyo, (*Cenchrus clandestinus*) y en menor proporción en raigrases (*Lolium perenne*) (Sánchez y Villaneda, 2009), que son fertilizadas con cantidades importantes de fertilizantes químicos (Mila y Corredor, 2004) haciendo de estos sistemas en los que la inversión en fertilización de praderas sea la más alta del país reflejándose, además, en una de las tasas de retorno más bajas en producción de leche (Osorio, 2010).

Las recomendaciones de fertilización para las praderas de kikuyo están basadas en pruebas en las que se usan parcelas aisladas de la interacción con los animales, lo que hace que no se tengan en cuenta el reciclaje de nutrientes por medio de las excretas de los animales, que por sí solas pueden aportar cantidades suficientes de nutrientes al suelo (Alfaro et al., 2006; Castillo et al., 1983; Guerrero 1998; Mejía et al., 2014 Y Palacio, 2007). Debido al desconocimiento de estos fenómenos los productores terminan usando altas cantidades de fertilizantes, que sumado a que no tienen en cuenta los aportes de los animales por medio de las excretas, se terminan aplicando cantidades de nutrientes superiores a las que son capaces de absorber las plantas y estos excesos van a dar a las fuentes de aguas subterráneas por lixiviación (Hubbard, 2004), o son arrastrados a las aguas superficiales, lo que provoca la eutrofización de los lagos, embalses y estanques que acaban con plantas y animales que allí habitan (FAO, 2002). Debido al daño que esto causa al ambiente, en algunos países de Europa incluyendo Holanda, se han establecido mecanismos regulatorios en los que se cobran impuestos por la aplicación excesiva de nutrientes a partir de fertilizantes químicos y, por el contrario, se estimula el uso de

fertilizantes orgánicos y el desarrollo de técnicas que mejoren la eficiencia en el uso de nutrientes en los hatos lecheros (Oenema, 2004). Bird (2003), por su parte, considera que hacia el futuro se impondrán impuestos para la aplicación en excesos de nutrientes en la Unión Europea como un mecanismo para reducir el impacto ambiental debido a las actividades agropecuarias. En vista de que el tratado de libre comercio con la Unión Europea incluye la aplicación de normas ambientales en la producción animal, se hace necesario establecer una línea base en el país sobre la excreción de nutrientes que como el N, el P y el K, sean objeto de tal regulación (MADR, 2010). A causa de estos fenómenos se ha sugerido que los sistemas de producción de leche en esta zona son parcialmente responsables de la contaminación que se ha detectado en las aguas que drenan hacia la represa del Río Grande II (Sierra, 2010).

Los cambio climáticos tienen efectos sobre la producción y calidad de los forrajes (Pirelli, 2005), y además modifica los contenidos de sus minerales (Kiatoko et al., 1982, Tittarelli et al., 2001), por ende la eficiencia en la utilización de estos por los animales debe variar según la época del año y, por la misma razón, tanto el nivel de excreción fecal y urinario como su capacidad de contaminar el ambiente.

La contaminación ocasionada por estos elementos es de gran preocupación por lo que se ha venido estudiando el comportamiento de estos elementos en el sistema. Si bien en la bibliografía internacional se encuentra gran cantidad de trabajos en los que se realizan balances de nutrientes, estos no representan la situación en las condiciones de Colombia donde son pocos los trabajos que se han realizado acerca del tema, estos trabajos se han hecho principalmente en el balance solo del N (Correa et al., 2011) y del N y P (León et al., 2008), mientras que sobre el K no se reportan trabajos en Colombia. Es por ello que es importante generar trabajos en los que se definan para las condiciones de Colombia el balance de estos elementos, razón por la cual se formuló este proyecto que hace parte del Programa de Investigación en la Gestión del Riesgo Asociado con Cambio Climático y Ambiental en Cuencas Hidrográficas, que es cofinanciado por la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), la Universidad de Antioquia, la cooperativa COLANTA, CORANTIOQUIA y COLCIENCIAS. Este proyecto tiene por objetivo evaluar el efecto del clima sobre la eficiencia en el uso de Nitrógeno (N), Fosforo (P), y Potasio (K), en vacas Holstein en tres tercios de lactancia, en dos épocas del año, ubicadas en cinco hatos de producción de leche especializada del norte del departamento de Antioquia.

1.Revisión de literatura

1.1 Introducción

Todos los organismos vivos requieren de todos los minerales para llevar a cabo sus funciones vitales; en el caso de los bovinos de leche estos son necesarios para el metabolismo energético, mineralización de huesos, producción de leche, metabolismo de aminoácidos y síntesis de proteínas (NRC, 2001). Sin embargo, tanto las deficiencias como los excesos en estos minerales tienen impactos sobre la producción, la reproducción, la salud, los costos de producción y sobre el medio ambiente (Ciria *et al.*, 2005). Para evitar que haya deficiencias estos son adicionados en la dieta para suplir los requerimientos en los animales; sin embargo, en el afán de que no se presenten deficiencias, es común que se suministren cantidades que exceden los requerimientos, por lo que la eficiencia en el aprovechamiento de estos minerales por los animales se reduce; Así, a mayor suministro del mineral en el alimento mayor será la cantidad de este que se excrete al ambiente (Wu *et al.*, 2001).

Teniendo en cuenta que en el norte de Antioquia predominan sistemas intensivos de producción de leche (MADR, 2013) basados en praderas de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) que son fertilizadas intensamente con fertilizantes químicos y que, además, los animales son suplementados con alimentos que frecuentemente son formulados con excesos de algunos nutrientes, se puede esperar que estos sistemas generen cantidades excesivas de algunos nutrientes y que serían responsables de la contaminación de las aguas que drenan a la cuenca del Rio Grande II. Es así como Sierra (2010) en un estudio realizado sobre este embalse, encontró un alto nivel de eutrofización cuyos orígenes se ubica, entre otros, en la intensa actividad agropecuaria de la cuenca.

Los principales minerales asociados con la contaminación ambiental son el N (Castillo *et al.*, 2001 y Mulligan *et al.*, 2004), el P (Bravo *et al.*, 2003) y el K (García *et al.*, 2007). En el caso del N debido al exceso de fertilización con este, las praderas de kikuyo del Norte de

Antioquia tienen grandes cantidades de proteína cruda, lo cual es una característica deseable, pero al no haber un buen aporte de energía en la dieta este no es transformado en proteína microbiana y es excretado principalmente por medio de la orina (Castillo *et al.*, 2001 y Correa y Cuellar, 2004), lo cual tiene un gran impacto sobre el ambiente ya que el N está en la orina principalmente como urea la cual se volatiliza y se lixivia con mayor facilidad (Alcaraz *et al.*, 2001, Correa *et al.*, 2011).

La cantidad de estos nutrientes que son excretados al suelo se asocia directamente con la eficiencia en su uso por parte de los animales la que, a su vez, varía en función del nivel de consumo y de producción de leche. Los promedios de eficiencia en el uso del N, P y K en los hatos lecheros en Colombia no están bien documentado. Unos pocos trabajos estiman que la eficiencia en el uso del N varía entre 8.96% (Alcaráz *et al.*, 2001) y 27.82% (Saldarriaga y Soto, 2004). En el caso del P, León *et al.* (2008), trabajando en la Sabana de Bogotá, reportaron que la eficiencia en este elemento oscila entre 17.8 y 21.1%. Hasta donde se ha logrado consultar, no existen trabajos publicados en los que se haya estimado la eficiencia en el uso del K en vacas lecheras en Colombia. Sin embargo, Jaimes y Correa (2016), encontraron que esta eficiencia es muy baja y varía entre 4.26 y 9.89%.

Esta eficiencia en el uso de nutrientes se ha asociado también con las condiciones climáticas. Las condiciones que más tienen efecto sobre las plantas en la región tropical son la temperatura, la radiación solar y la precipitación (Pirelli, 2005). Generalmente en la época seca hay menor producción de forraje que en la época de lluvia (Morillo, 1994), adicionalmente la composición mineral de los forrajes se puede modificar cuando las condiciones de humedad del suelo cambian (Tittarelli *et al.*, 2001). Kiatoko *et al.*, (1982) en un estudio realizado en suelos tropicales de la Florida donde evaluaron la concentración de varios minerales en los forrajes en dos épocas del año, encontraron que la concentración de P y K fueron mayores para la época lluvia que para la época seca.

1.2 Excreción de nutrientes

La definición general de excreción es definido por el DRAE como “acción y efecto de excretar” y excretar se define como “Expulsar los residuos metabólicos, como la orina o el anhídrido carbónico de la respiración”, otra definición: “proceso fisiológico, que le permite al organismo eliminar sustancias de desecho y tóxicas para el cuerpo, manteniendo así en

equilibrio la composición de la sangre y otros fluidos corporales”. Y la definición de nutriente es “aquello que nutre, se trata de productos químicos que proceden del exterior de la célula y que ésta requiere para poder desarrollar sus funciones vitales”. La excreción de nutrientes entonces se puede entender como el proceso de eliminación de un producto químico necesario para desarrollar las funciones vitales, para mantener en equilibrio la composición de la sangre.

Cuando hay un suministro de un nutriente superior a la capacidad que el animal puede absorber y utilizar, este exceso debe ser eliminado para mantener el equilibrio en el organismo. Este es el fenómeno que sucede cuando en la búsqueda de evitar que haya una deficiencia por un mineral se excede los niveles de inclusión por encima de los de requerimientos.

Los principales nutrientes responsables de la contaminación del ambiente producto de las actividades agropecuarias son los llamados elementos mayores los cuales son N el P y el K. (Tamminga, 1996).

1.2.1 Nitrógeno

El nitrógeno es una de los elementos más importantes para los seres vivos ya que hace parte de las proteínas y aminoácidos necesarios para muchos procesos en el organismo. Este es uno de los elementos más abundantes en la tierra y es el componente más usado en los fertilizantes ya que es una gran limitante en la producción agrícola (FAO, 2006).

Las granjas agropecuarias eran hasta antes de la segunda guerra mundial autosuficientes, es decir, que eran capaces de suplir las necesidades de alimento para los animales. Pero luego de esta la alta producción y la oferta de fertilizantes nitrogenados a bajo costo provocó la dependencia de estos, lo cual condujo a la intensificación de producción de las granjas y evidentemente al aumento en productividad (Hart et al., 1997). Sin embargo la gran disponibilidad de fertilizantes nitrogenados en el mercado ha hecho que haya abusos en la utilización de este producto, lo cual ha ocasionado grandes impactos a nivel del medio ambiente (Elizondo, 2006).

Colombia no es ajena a este fenómenos así Mejía *et al.*, (2014), encontraron que la dosis a la que mejor respondía el Kikuyo era 40 kg de N/ha/pastoreo lo que equivale a 364 kg de N/ha/año. Echeverry *et al.*, (2011), por su parte, recomiendan la aplicación de 400 kg

de N/ha/año. Guerrero (1998), basado en la capacidad de extracción de nutrientes, el requerimiento de nutrientes y el potencial de producción algunos pastos de clima frío como el kikuyo, propuso algunos planes de fertilización entre los que el más conservador implica la aplicación de aproximadamente 340 kg de N/ha/año. En todos los estudios mencionados anteriormente estas recomendaciones fueron halladas en parcelas en las que no se tiene en cuenta la interacción con los animales; Es decir, que hay una sobre aplicación de nitrógeno que viene no solo de la fertilización sino también de las excretas de los animales. Los datos de Correa *et al.*, (2011), indican que la aplicación de N en heces y orina de vacas Holstein lactantes, es de 0.293 kg/vaca/d que si se multiplica por una capacidad de carga de 3.5 vacas/ha, equivaldría a la aplicación de 374 kg de N/ha/año. Jaimes y Correa (2016), estimaron que el aporte de N en hatos lecheros del norte de Antioquia es en promedio equivalente a 523.8 kg/ha/año. Si se tiene en cuenta las recomendaciones que hacen Mejía *et al.*, (2014), Echeverry *et al.*, (2011) y Guerrero (1998), se estaría aplicando el doble de la recomendación de N para el pasto kikuyo, que viene tanto del reciclaje de nutrientes como de la fertilización química. Lo anterior estaría ocasionando que los excesos de N termine en las fuentes de agua que drenan a la cuenca del Rio Grande II (Sierra, 2010).

1.2.2 Fosforo

El fósforo es un mineral esencial para el funcionamiento del organismo ya que hace parte importante tanto de la estructura como del funcionamiento del mismo. Este se encuentra en un 80% en huesos y dientes y el resto está en los tejidos blandos. Tiene funciones en el crecimiento celular, en la diferenciación del DNA y RNA, en la utilización y transferencia de energía, entre otras; Este es importante también para el crecimiento de los microorganismos del rumen (NRC, 2001).

Este es un mineral limitante en la producción agropecuaria y debido a los efectos que tiene sobre el ambiente ha venido creciendo el interés por su estudio. La situación con el Fosforo no es diferente a la del N en cuanto a los excesos ya que las recomendaciones de fertilización con fósforo que se encuentran para el kikuyo son de 64 kg/ha/ año de P (Palacio, 2007) mientras que otros autores como Mejía *et al.* (2014) recomiendan un nivel de aplicación del P de 81 kg/ha/ año, y el doble de esta cantidad es recomendada por Guerrero (1998) quien sugiere una aplicación de 200 kg de P/ha/año. Si se tienen en

cuenta los niveles de fertilización propuestos por Palacio (2007) y Mejía *et al.*, (2014) y se comparan con los resultados Jaimes y Correa (2016), quienes encontraron que la excreción de P en hatos lecheros del norte de Antioquia fue en promedio 93.9 kg/ha/año, se evidencia que los aportes que hacen los animales a través de sus excretas pueden ser suficientes para cubrir los requerimientos del kikuyo, ya que estos aportes son el 146% y 115%, respectivamente, de las recomendaciones dadas por dichos autores. Este exceso en la excreción de fósforo se da debido a que los forrajes como el kikuyo presentan altas concentraciones de fósforo, alcanzando valores de hasta 0,42% (León *et al.*, 2008), lo cual es superior a las recomendaciones de la NRC (2001), y si además se suplementa con P la situación se complica aún más.

1.2.3 Potasio

El potasio es el tercer mineral más abundante en el organismo, y es el mayor catión del fluido intracelular cuyas funciones son servir en el balance ácido-básico, en la regulación de la presión osmótica, en el balance de agua, en la transmisión del impulso nervioso y participa en ciertas reacciones enzimáticas (NRC, 2001). Es muy raro encontrar una deficiencia de K, ya que en la mayoría de dietas para rumiantes el K normalmente está presente. Por lo cual los nutricionistas no ponen mucha atención a su manejo (Ward, 1996). Sin embargo, con el Potasio sucede una situación muy preocupante y es que realmente no se ha documentado mucho las pérdidas de este en los sistemas ganaderos, sin embargo, los trabajos que se han venido haciendo han mostrado que las pérdidas de este son realmente grandes gracias a la gran cantidad de potasio que está siendo aportado por las excretas de los animales. Los resultados encontrados por Jaimes y Correa (2016) muestran que la excreción de Potasio de vacas ubicadas en hatos lecheros del norte de Antioquia es de 479,9 kg/ha/año mientras que Fanguiero *et al.* (2008) encontraron en el norte de Portugal una excreción de 107,1 kg/ha/año de P. Estos niveles de aportes al suelo a través de las excretas son muy superiores a los recomendados por Mejía *et al.* (2014) y Guerrero (1998) para la aplicación de fertilizantes los cuales son 81 kg/ha/año y 30 kg/ha/año, respectivamente. Alfaro *et al.*, (2006), encontraron en Chile valores un poco más bajos, de 62 y 77 kg/ha/año, pero esto fue para una carga de 3,5 y 5 terneros/ha con un peso promedio de 212 kg, que a pesar de ser pastoreado por animales de un peso inferior a las vacas en producción, estos son capaces de aportar la cantidad suficiente de potasio requerida por el suelo. Por ello, en dicho estudio, se recomienda que los potreros

en los que pastorean estos animales no deben aplicarse más fertilizantes minerales. Existe una relación entre la cantidad de N y K que se encuentra en los forrajes ya que la mayor cantidad de N agregado en forma de fertilizante para la mayor producción de biomasa hace que la planta aumente la extracción de K del suelo (Cabalceta, 1999). Dicha relación también fue reportada por Caro y Correa (2006) quienes encontraron una correlación positiva del 0,98 entre la cantidad de N y K, en muestras de kikuyo recolectadas en el oriente Antioqueño.

La cantidad de estos nutrientes que son excretados al suelo se asocia directamente con la eficiencia en su uso por parte de los animales la que, a su vez, varía en función del nivel de consumo y de producción de leche (León et al., 2008; Nadeau et al., 2007 y Jaimes y Correa, 2016). A medida que se aumenta el consumo de un nutriente se aumentará la excreción del mismo (Castillo, 2001). Es así como León et al. (2008) encontraron que cuando los animales consumen una dieta que contiene bajos niveles de N, se disminuye la excreción del mismo por medio de la orina. De hecho, una de las recomendaciones más frecuentemente citadas con la finalidad de reducir el impacto ambiental en hatos lecheros, tiene que ver con la reducción en el contenido de N en los alimentos concentrados y en el nivel de fertilización nitrogenada (Keim y Anrique, 2011).

1.3 Eficiencia en el uso de nutrientes

Esta parte del concepto de eficiencia alimentaria, la cual se refiere a la eficiencia con la que los alimentos ingeridos son convertidos en un producto animal y se calcula como (NRC, 1981):

$$Eficiencia\ total = \frac{produccion\ total}{100} \times insumo\ total$$

Esta es una función matemática que vincula dos variables: A= masa de alimento consumido, y B= ganancia. Otro concepto más práctico consiste en expresar los kilogramos de producto (de huevo, de leche) por cada kilogramo de alimento consumido. Sin embargo, esta forma de calcular la eficiencia puede llevar a confusiones ya que las unidades del alimento y las del producto no son equivalentes, debido a que el cálculo sobre el alimento se hace en base seca y el del producto se hace en base tal cual y es allí donde entra el concepto de eficiencia en el uso de nutrientes ya que con este se puede hacer un

cálculo mucho más preciso ya que este consiste en el análisis de la eficiencia alimenticia pero ya no basados en los kilogramos de alimento consumido y los kilogramos de producto, sino basados en el contenido de nutrientes específicos. En este se evalúa la cantidad del nutriente contenido en el producto a partir de ese mismo nutriente contenido en el alimento lo cual hace que las unidades de ambos sean equivalentes.

La eficiencia en el uso del nitrógeno varía entre las diferentes especies domésticas, sin embargo, en general para las principales especies usadas para la producción de proteína para consumo humano, esta eficiencia es baja (Van der Hoek, 1998).

Tabla 1-1 Diferentes Eficiencias en el uso de N de ganado de leche y ganado de carne.

	Ganado de leche					Ganado de carne	
Consumo N (g/día)	488	543	400	389	667	40,9	168,6
N Excretado (g/día)	184	223	296	316	450	28,4	143,1
N Excretado, % consumo	37	41	74	81,23	67,46	69,43	84,9
N Carne (g/día)						12,5	25,5
N Carne, % consumo						30,56	15,1
N Leche (g/día)	152	160	114	79,3	104,2		
N Leche, % consumo	31,14	29,5	28,5	20,38	15,6		
Referencias	1	1	2	3	4	5	6

¹Nadeau *et al.* (2007), ²Steinshamn *et al.* (2006), ³Correa *et al.* (2012),

⁴Leon *et al.* (2008), ⁵ Nha *et al.* (2008), ⁶ Cole y Todd (2009).

En Colombia las eficiencias en el uso de N del ganado lechero son mucho más bajas que las que se encuentran en algunos países de Europa (Tabla 1.1). Para otras especies domesticas BREF, (2003) reporta en cerdos en crecimiento-ceba porcentajes superiores de retención de N. La cantidad de nitrógeno retenido del total del nitrógeno ingerido en la dieta, es en promedio del 33% mientras que el 67% es excretado vía heces y orina; además cuando el consumo de N a partir de la dieta es bajo (35 g/animal/día), el N retenido puede llegar hasta el 44,4% en animales en crecimiento. En cerdos en finalización consumiendo 51,3 g/animal/día, el N retenido representó aproximadamente 43,6% del N ingerido (López, 2012). En Broilers se pueden encontrar datos de N retenido de 61,8%, en animales

alimentados con un nivel de proteína tradicional y baja suplementación de aminoácidos, sin embargo, si se diseña una dieta con base en el concepto de proteína ideal y con suplementación de aminoácidos sintéticos, el porcentaje de N excretado disminuye en un 13% más o menos, y el N retenido aumenta en un 4% aproximadamente en toda la etapa de producción (Graña *et al.*, 2013).

En general para todas las especies, mientras el consumo de N aumente la excreción del mismo será mayor y por ende la eficiencia en el uso del N será mucho menor. En vacas lactantes en un estudio realizado en Noruega, se muestra como al aumentar las entradas de N, mayor será la excreción principalmente por vía urinaria manteniéndose más o menos constante la excreción vía heces y leche (figura 1.1) (²Steinshamn *et al.*, 2006).

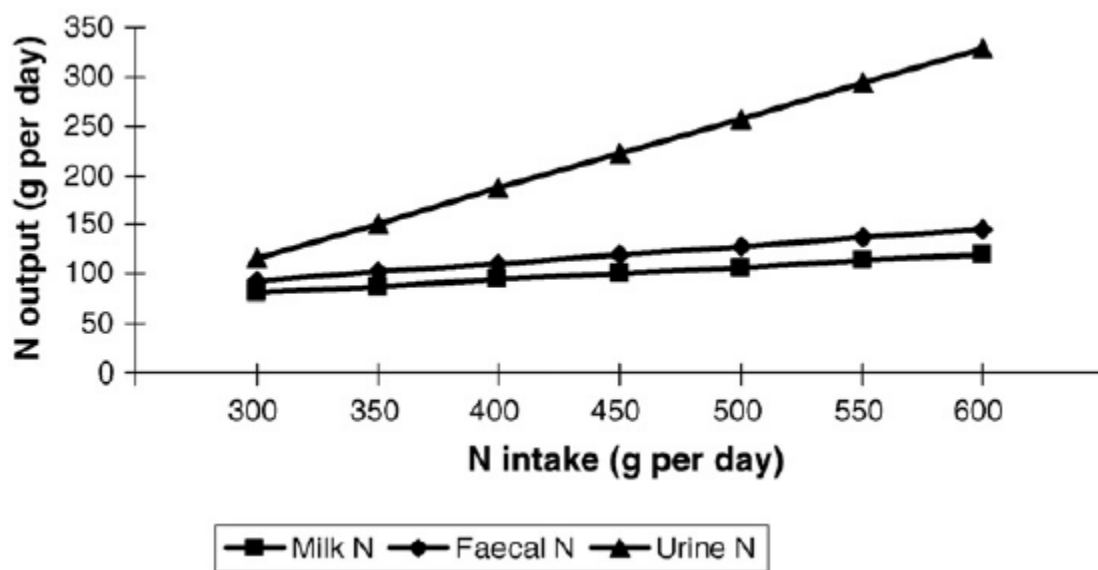


Ilustración 1 Excreción de N urinario, fecal y en leche trazado sobre el rango de N consumido. (Tomado de Steinshamn *et al.*, 2006).

Esta diferencia entre los no rumiantes y los rumiantes se debe a que parte del N que entra en el rumen es convertido en amoníaco por los microorganismos del rumen, este es absorbido y llega al hígado donde es transformado en urea, que va a el ciclo de la urea y parte de esta es reciclada por medio de la saliva y las paredes ruminales, por lo cual es difícil determinar qué cantidad de urea de la que se encuentra en las heces y en la orina viene realmente de la dieta y cuál del reciclaje. Sin embargo, este reciclaje se disminuye a medida que el consumo de N se disminuye (Reynolds y Kristensen, 2008).

La eficiencia en el uso del P es mayor que el N y además es muy variable (Tabla 1.2); En estudios como el realizado por León *et al.*, (2008) encontraron que el suministro de este mineral en la sabana de Bogotá está muy por encima de las recomendaciones del NRC (2001), el cual debería ser de 70 gr/vaca/día con una concentración dietaria de 0,32% para las condiciones y producción de las vacas de dicho estudio, mientras que ellos encontraron suministros de hasta 95 gr/día y 0,41% de concentración (Tabla 1.2). Sin embargo, estos datos fueron determinados con base en la recomendación del NRC (2001) el cual dice que el P tiene una digestibilidad del 50%; Jaimes y Correa (2016) encontraron en su estudio que la digestibilidad del P es solo del 32%, por lo que es probable que la suplementación que se le da a los animales sea inferior a lo que recomienda el NRC (2001).

Tabla 1-2 . Diferentes eficiencias en el uso de P en ganado de leche y de carne.

	Ganado de leche			Ganado de carne		
Consumo P (g/día)	77,5	96	98,2	23,2	28	11
P Excretado (g/día)	43	72	92,3	17,96	16,4	9,7
P Excretado, % consumo	55,4	75	93,9	77,41	58,57	88,18
P Carne (g/día)				5,24	11,6	1,3
P Carne, % consumo				22,5	41,4	11,8
P Leche (g/día)	34,5	24	18,2			
P Leche, % consumo	44,5	25,8	19,7			
Referencias	1	2	3	4	5	5

¹Wu *et al.*, (2001), ²Jaimes y Correa (2016), ³León *et al.*, (2008), ⁴Cole y Todd (2009), ⁵Geisert *et al.*, (2014).

Las cantidades de P que se les suministra al ganado de carne es mucho menor que el que se les suministra al ganado de leche (Tabla 1.2), y se puede ver como las eficiencias en el ganado de carne son similares a las del ganado de leche con suministros de hasta tres veces menos. Además, se puede ver como a medida que se aumenta el consumo de P en las vacas lecheras, la eficiencia en el uso de P disminuye, tal y como lo confirma Wu *et al.* (2001), quienes evaluaron tres niveles de inclusión de P (0,31; 0,39; 0,47) y encontraron

que a medida que aumentaba el nivel de inclusión en la dieta mayor era la excreción de P y por lo tanto menor la eficiencia.

A diferencia del N, la principal vía de excreción del P se produce por las heces, tal como encontraron León *et al.* (2008), quienes determinaron que el 99,5% del P es excretado vía heces y solo un 0,5% es eliminado en orina; Jaimes y correa (2016), encontraron en su estudio que el 98,8% del P fue excretado vía heces, lo cual es bastante alto y esto se puede deber a que en muchas de sus muestras la cantidad de P en orina fue indetectable, lo que apoya la hipótesis de que el la excreción de P vía orina no es significativo para el balance.

La eficiencia en el uso de K es mucho menor que la eficiencia del N y del P ya que esta puede oscilar entre 9,1% en el primer tercio de lactancia y 4,6 % en el tercer tercio de lactancia, con un promedio de 6,43% (Jaimes y Correa, 2016). Gourley *et al.* (2011) encontraron en 43 fincas lecheras de Australia una eficiencia en el uso de K desde valores tan bajos como 2,1 % hasta valores de 19,7%, para un promedio de 8,3%, ambos estudios encontraron valores bastante bajos si se comparan con los datos reportados para el N (Tabla 1.1) y el P (Tabla 1.2). Valores un poco más altos fueron encontrados por García *et al.* (2007), quienes hallaron un 25% de eficiencia en el uso de K. Sin embargo, Hristov *et al.* (2006), encontraron niveles tan altos de eficiencia como 58% en seis hatos del centro-sur de Idaho EE.UU lo que es muy superior a los datos encontrados en Colombia por Jaimes y Correa (2016).

Al igual que el N la principal vía de excreción del K es urinaria (NRC, 2001). Nennich *et al.* (2005), encontraron que el K era excretado en un 75% a través de la orina. Betteridge *et al.* (1986), encontraron en novillas pastoreando en praderas de alta calidad que los niveles de K en la orina oscilaban entre 33 y 76% y en las heces se encontraron niveles entre 8 y 21% solamente. Dentro de este rango se encuentra el valor encontrado por Hristov *et. al.* (2006) quienes determinaron que un 67% del K era excretado vía urinaria; Valores más altos encontraron Jaimes y correa (2016), quienes reportaron que un 81,9% del K excretado se dio vía orina.

1.4 Efecto del clima sobre el N, P, y K

Cada planta tiene unas características tanto fisiológicas como morfológicas que le permiten adaptarse a ciertas condiciones. Sin embargo hay factores que pueden afectar su rendimiento y calidad, tales como la disponibilidad de los nutrientes para la planta. Los principales factores que afectan la disponibilidad de los nutrientes para los forrajes son: el tipo de nutriente, el tipo de suelo, el manejo del suelo y las condiciones climáticas (Marino y AgnUSDéi, 2009).

En el norte de Antioquia el 70% de las praderas están establecidas en Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) el cual es la base forrajera con la que son alimentadas las vacas lecheras de esta región (Sánchez y Villaneda, 2009). Este es originario del continente africano, y se ha adaptado a Colombia hasta el punto de ser el principal pasto usado en las zonas frías y de ladera a los 2000 m.s.n.m, ya que es allí donde se da la mayor tasa fotosintética (Hernández *et al.* 2012). Debido a que este pasto tiene la característica de no ser C3 como la mayoría de los pastos de zona templada sino C4, sus procesos fotosintéticos son mucho más eficientes que los de las C3, ello sumado a la producción continua durante todo el año le permite producir cantidades de biomasa importantes, siempre y cuando se cumplan los requerimientos de agua, luminosidad y temperatura necesaria (Van Soest, 1994 y Sánchez, 2002).

Su calidad nutricional es muy variable y ha sido modificada por prácticas agronómicas, para aumentar los niveles de producción de biomasa, tales como el exceso de fertilización nitrogenada lo que permite el pastoreo a edades cada vez más tempranas (Caro y Correa, 2006). Esto ha llevado a que los niveles de proteína cruda que consumen los animales sean muy altas, incluso superiores a las recomendadas por la NRC 2000 (Sossa y Barahona, 2015) y NRC 2001 (Caro y Correa, 2006). La época del año es otro factor que influencia el comportamiento de los nutrientes en el forraje, Kiatoko *et al.* (1982) en un estudio realizado en suelos tropicales de la Florida donde evaluaron la concentración de varios minerales en los forrajes en dos épocas del año, encontraron que la concentración de P y K fueron mayores para la época lluvia que para la época seca. Otoyá (1986), encontró en *Brachiaria decumbens* que la proteína cruda fue menor para la época seca que para la época de lluvia. Igualmente, la disponibilidad del N en el suelo está determinado entre otras cosas por la época del año en que sea aplicado el fertilizante nitrogenado, ya que este es un elemento muy lábil que tiene altas tasas de volatilización,

desnitrificación y lixiviación y que están determinadas por las condiciones climáticas (Marino y Castaño, 2013).

Las condiciones climáticas que más tienen efecto sobre las plantas en la región tropical son la temperatura, la radiación solar y la precipitación (Pirelli, 2005). En la tierra en los últimos años estas condiciones han sufrido variaciones que han afectado el crecimiento y la calidad nutricional de los pastos; Colombia no ha sido ajena a estos cambios. El MAVDT analizó las precipitaciones entre el año 1931 - 1974 y se estableció que las precipitaciones en el país a través del tiempo tienden a disminuir en la zona suroccidental y en la cordillera oriental, pero en el resto de país la tendencia es a aumentar. Encontraron también que la temperatura promedio tiende a aumentar en todo el país a razón de $0,16^{\circ}\text{C}$ aproximadamente con datos analizados entre 1976-2008. En Antioquia los días opacos y el aumento en la cantidad de lluvias habrían deteriorado el crecimiento de los forrajes como el kikuyo, afectando su tasa de crecimiento por lo que hay menor producción de biomasa, en consecuencia esto habría generado una menor oferta forrajera y por ende los animales habrían consumido menos, lo que finalmente se habría reflejado en la baja calidad de la leche producida durante el año 2008 en el norte de Antioquia (Botero, 2008).

Debido a todo lo anterior se presume que al igual que los impactos que tienen los cambios en las condiciones climáticas sobre el contenido de nutrientes en los pastos, estos cambios también tienen impactos sobre la eficiencia en el uso de los nutrientes por parte de los animales. Cole y Todd (2009), en un estudio con ganado de carne en el estado de Texas evaluaron la cantidad de N y P consumido y excretado en las cuatro estaciones, donde encontraron que el menor consumo de N se daba en la época de invierno, esto debido al bajo consumo de materia seca y a la baja concentración de proteína cruda dietaría, además en general el contenido de N y la relación N:P en las heces era mayor en la época de invierno y de verano que en las otras estaciones. Sin embargo, no hay estudios que confirmen la asociación que hay entre la época del año y la eficiencia en el uso de nutrientes por vacas lactantes y las condiciones de Antioquia.

1.5 Bibliografía

1. **Alcaráz, C, Alviar, D, Correa, H.J. (2001).** Eficiencia en el uso de nitrógeno en vacas lactantes en un hato lechero del oriente antioqueño Rev. Colomb. Cenc. Pecuaria. 34:14 (Suplemento).
2. **Alfaro, M, Salazar, F. y Teuber, N. (2006).** Pérdidas de potasio en ganadería, ¿algo de qué preocuparse? Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 31(1): 1-5.
3. **Betteridge, K, Andrewes, W.G.K, Sedcole, J. R. (1986).** Intake and excretion of nitrogen, potassium and phosphorus by grazing steers. J. Agricultural Sci. 106: 393-404.
4. **Botero, L.V. (2008).** Vacas sufren el cambio climático. El colombiano Medellín 9 de Noviembre.
http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/V/vacas_sufren_el_cambio_climatico/vacas_sufren_el_cambio_climatico.asp?CodSeccion=9
5. **Bravo, D, Sauvant, D, Bogaert, C, Meschy, F. (2003).** III. Quantitative aspects of phosphorus excretion in Ruminants. Reprod. Nutr. Dev. 43 (3): 285-300.
6. **BREF. (2003).** Reference document on best available techniques for intensive rearing of poultry and pigs. Integrated pollution prevention and control. European Commission
7. **Cabalceta, G. (1999).** Fertilización y nutrición de forrajes de altura, XI Congreso Nacional Agronómico, III Congreso Nacional de Suelos. 239-254.
8. **Caro, F. y Correa, H.J. (2006).** Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macro minerales en el pasto Kikuyo (*pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development 18 (10).
9. **Castillo, A.R, Kebreab, E, Beever, D.E, Barbi, J.H, Sutton, J.D, Kirby, H.C y France, J. K. E. (2001).** The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. J Anim Sci, 79, 240-246.
10. **Castillo, E, Coward, J, Sánchez J. M, Jiménez, C, y López, C. (1983)** Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre la productividad, composición

- química y digestibilidad in vitro del pasto kikuyo bajo pastoreo en el Cantón de Coronado. Agron. Costarr. 7: 9-15.
11. **Ciria, C. J, Villanueva, M.R. y García J. C. (2005).** Avances en nutrición mineral en ganado bovino. XI Seminario de Pastos y Forrajes.
 12. **Cole, N.A, y Todd, R.W. (2009).** Nitrogen and Phosphorus Balance of beef cattle Feed yard. Texas Animal Manure Management Issues. Conference: 17-24.
 13. **Correa H.J, Rodríguez Y.G, Pabón Y.G y Carulla J.E. (2012).** Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. Livestock Research for Rural Development. 24(11).
 14. **Correa, H.J, Pabón, M.L, Sánchez, M.Y, y Carulla J.E. (2011).** Efecto del nivel de suplementación sobre el uso del nitrógeno, el volumen y la calidad de la leche en vacas Holstein de primero y segundo tercio de lactancia en el trópico alto de Antioquia. Livestock Research for Rural Development, 23.
 15. **Correa, H.J. y Cuellar, A.E. (2004).** Aspectos claves del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. Rev. Colomb. Cenc. Pecuaria. 17(1): 29-38.
 16. **Echeverry, J, Restrepo, L.F. y Parra, J. (2011).** Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. Rev. Lasallista Investig. 7(2):94-100
 17. **Elizondo, J.S. (2006).** El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche, Agronomía Mesoamericana 17(1): 69-77.
 18. **Fangueiro, D, Pereira, J, Coutinho, J, Moreira, N. y Trindade, H. (2008).** NPK farm-gate nutrient balances in dairy farms. Europ. J. Agronomy. 28:625–634.
 19. **FAO. (2002).** Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido. Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm>
 20. **FAO. (2006).** La ganadería amenaza el medio ambiente es necesario encontrar soluciones urgentes. Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: <http://www.fao.org/Newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
 21. **García, M.I, Castro, J, Novoa, R, Báez D, y López j. (2007).** Caracterización del balance y la eficiencia en la utilización del nitrógeno, fósforo y potasio en las

- explotaciones de vacuno de leche en Galicia. Citado 2016 Abr 06]; Disponible en <http://ciam.gal/uploads/publicacions/603archivo.pdf>
22. **Geisert, B.G, Erickson, G.E, Klopfenstein, T.J, Macken, C.N, Luebbe, M.K, y McDonald, J.C. (2014).** Phosphorus requirement and excretion of finishing beef cattle fed different concentrations of phosphorus. *J. Anim. Sci.* 88:2393–2402
23. **Gobernación de Antioquia.** (2012). www.Antioquia.gov.co. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: http://www.antioquia.gov.co/Agricultura/Documentos/CRTILLA_LACTEA.pdf
24. **Gourley, C. J. P.; Aarons, S. R, Dougherty, W. J. y Weaver, D. M. (2011).** Nitrogen and phosphorus balances and efficiencies on contrasting dairy farms in Australia. [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: http://www.massey.ac.nz/~flrc/workshops/11/Manuscripts/Gourley_2011.pdf.
25. **Graña, A.L, Tavernari, F.C, Lelis, G.R, Albino, L.F.T, Rostagno, H.S. y Gomes, P.C. (2013).** Evaluation of nutrient excretion and retention in broilers submitted to different nutritional strategies. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 15(2).
26. **Guerrero, R.R. (1998).** Fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá D.C: Monómeros Colombo-Venezolano S.A.
27. **Hart J M, Marx E S, Christensen N W y Moore J A (1997).** Nutrient management strategies; *J Dairy Sci.* 80: 2659 – 2666.
28. **Hernández, E.A, Mejía, de T. M.S. y Durán, C.C. (2012).** Respuesta fotosintética del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en pisos térmicos contrastantes. *Acta Agronómica. Número especial:* 79-80
29. **Hristov, A.N, Hazen, W. y Ellsworth, J.W. (2006).** Efficiency of Use of Imported Nitrogen, Phosphorus, and Potassium and Potential for Reducing Phosphorus Imports on Idaho Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 89: 3702-3712.
- a. <http://moodleagricultura.ifxnetworks.com:8080/jspui/bitstream/123456789/4594/1/OA-LCH-INF-02%20Informe%20Producci%C3%B3n%20Leche%20II%20trim%202013.pdf>
- b. <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20Sur%20del%20Cesar/Otra%20Informacion/Cadenas/Cartilla%20Gestion%20ambiental%20en%20el%20sector%20Agropecuario.pdf>

30. **Hubbard, P.K, Newton, G.L y Hill, G.M. (2004).** Water quality and the grazing animal. J. Anim. Sci. 82: E225 - E263.
31. **Jaimes, L y Correa, H.J. (2016).** Balance de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en vacas Holstein pastando praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el norte de Antioquia. Revista CES medicina veterinaria y zootecnia. 11(2):18-41.
32. **Keim J.P y Anrique, R. (2011).** Nutritional strategies to improve nitrogen use efficiency by grazing dairy cows. Chil J Agr Res. 71(4).
33. **Kiatoko, M, McDowell, L.R, Bertrand, J.E, Chapman, H.L, Pate, F.M, Martin, F.G. y Conrad H.J (1982).** Evaluating the Nutritional Status of Beef Cattle Herds from Four Soil Order Regions of Florida. I. Macroelements, Protein, Carotene, Vitamins A and E, Hemoglobin and Hematocrit. J. Anim. Sci. 55: 28-37.
34. **León, J.M, Mojica, J.E, Castro, E, Cárdenas, E.A, Pabón, M.L. y Carulla, J.E. (2008).** Balance de Nitrógeno y Fosforo de vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). Rev. Colom. Cenc. Pecua. 21.
35. **López, G.C. (2012).** Estrategias Nutricionales en la Alimentación de Cerdos de Engorde para Mitigar la Excreción de Nitrógeno y Fósforo al Medio Ambiente. (Trabajo de grado). Universidad de Murcia. Murcia, España.
36. **Marino, M.A. y Agnusdei, M. (2009).** Nutrición mineral en verdeos y pasturas: manejo de alto impacto productivo. "Jornada Técnica sobre Sanidad Animal y Nutrición Mineral en Recursos Forrajeros": 267-280.
37. **Marino, M.A. y Castaño, J. (2013).** Producción forrajera con aplicación otoñal de fertilizantes nitrogenados en avena y agropiro. Simposio Fertilidad 2013: Nutrición de cultivos para la intensificación productiva sustentable.
38. **Mejía, T.A, Ochoa, O.R, y Medina, S.M. (2014).** Efecto de diferentes dosis de fertilizante compuesto. Pastos y Forrajes. 37: 31-37.
39. **Mila, A. y Corredor, G. (2004).** Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. Revista Corpoica. 5(1): 70-75.
40. **Ministerio de agricultura y desarrollo rural (MADR). (2010).** Gestión ambiental en el sector agropecuario. [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en:
41. **Ministerio de agricultura y desarrollo rural (MADR). (Segundo trimestre de 2013).** [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en:

42. **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).** Hallazgos de la Segunda Comunicación Nacional: impactos, vulnerabilidad, riesgos. “Curso de capacitación para transversalización de riesgos climáticos en el SNU y en las políticas colombianas”. [Internet]. [citado 2016 Abr 06]; Disponible en: http://www.pnud.org.co/img_upload/61626461626434343535373737353535/CAM_BIOCLIMATICO/1.%20Productos%20del%20Proyecto%20de%20Transversalizaci%C3%B3n%20del%20Cambio%20Clim%C3%A1tico/1.4%20Presentacion%20completa%20IDEAM/7.%20Presentacion%20completa%20IDEAM.pdf
43. **Morillo, D. (1994).** Efectos de la época seca sobre la producción forrajera y bovina. *Revista de Agronomía*. 11(2).
44. **Mulligan, F.J, Dillon, P, Callan, J.J, Rath. M, y O’Mara, F.P. (2004).** Supplementary Concentrate Type Affects Nitrogen Excretion of Grazing Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87:3451–3460.
45. **Nadeau, E, Englund, J, y Gustafsson, A. (2007).** Nitrogen efficiency of dairy cows as affected by diet and milk yield. *Livestock Science* 111: 45–56
46. **National Research Council (NRC). (1981).** Feeding value of ethanol production by-products. Committee on Animal Nutrition. National Academy Press, Washington D. C.
47. **National Research Council (NRC). (1989).** Nutrient requirements of dairy cattle; 6th revision. edition. Update 1989. National Academic Press. Washington, DC.
48. **National Research Council (NRC). (2000).** The nutrient requirement of beef cattle. Seventh revised edition. National Academy Press, Washington, D. C. 248 p.
49. **National Research Council (NRC). (2001).** The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press, Washington, D. C. 381p.
50. **Nennich, T.D, Harrison, J.H, VanWieringen, L.M, Meyer, D, Heinrichs A.J, Weiss, W.P, St-Pierre, N.R, Kincaid, R.L, Davidson, D.L. y Block E. (2005).** Prediction of Manure and Nutrient Excretion from Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 88:3721–3733.
51. **Nha, P. T, Thu, N. V. y Preston, T. R. (2008):** Effects of different levels and sources of crude protein supplementation on feed intake, digestibility and nitrogen retention in swamp buffaloes compared to local cattle. *Livestock Research for Rural Development*. 20.
52. **Oenema O. (2004),** Governmental policies and measures regulating nitrogen and phosphorus from animal manure in European agricultura. *J Anim Sci.* 82: 196-206.

53. **Osorio, F. (2010).** Resumen de parámetros productivos, reproductivos y económicos de lecherías especializadas en Colombia. Memorias V Jornada Ganadera de Finca S.A., Medellín.
54. **Otoya V.E. (1986).** Efecto de la época del año y días de ocupación en la calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. Pasturas tropicales. 8(1).
55. **Palacio, M.C. (2007).** Fertilización del pasto Kikuyo con NUTRIMON NutriOCHO, [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en <http://www.monomeros.com/descargas/dpinformativo4.pdf>.
56. **Pirelli, M.F. (2005).** Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de Ganadería Doble Propósito. 176-182.
57. **Reynolds, C. K. y Kristensen, N. B. (2008).** Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. J. Anim. Sci. 86: E293–E305.
58. **Saldarriaga, C. y Soto, S. (2004)** Efecto de dos edades de rebrote del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre el balance de nitrógeno en vacas Holstein de alta producción; Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 30p.
59. **Sánchez, M.L. (2002).** Uso de Recursos Tropicales en la Alimentación del Ganado Lechero. Actualización en la Nutrición del Ganado Lechero' [material de clase]. LANCE. Balsa. Atenas, Costa Rica.
60. **Sánchez, M.L. y Villaneda, V.E. (2009).** Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano. Corpoica. 24p.
61. **Sierra, R.E. (2010).** Eutrofización de embalses: Descripción, prevención y manejo: [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7494/2/136071.pdf
62. **Sossa, C.P, Barahona, R. (2015).** Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética. Revista FMVZ-UN. 62.
63. **Steinshamn, H, Hoglind, M, Garmo T, H, Thuen E. y Brenøe U, T. (2006).** Feed nitrogen conversion in lactating dairy cows on pasture as affected by concentrate supplementation. Animal feed science and technology. 131: 25-41

-
64. **Tamminga, S. (1996).** A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *J Anim Sci.* 74:3112-3124.
 65. **Tittarelli, C.M, Giuliadori, M.J, Mattioli G.A. y Ramírez, C.E. (2001).** Efecto de las lluvias sobre la composición mineral de gramíneas y lotus glaber mill del partido de magdalena. *Analecta Veterinaria*, 21: 54-57.
 66. **Van der Hoek, K.W. (1998).** Nitrogen efficiency in global animal production. *Environmental Pollution* 102 (98): 127-132
 67. **VAN SOEST, J. P. (1994).** Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476p.
 68. **Ward, G.M. (1996).** Potassium Metabolism of Domestic Ruminants – A Review. *J. anim. Sci.* 49: 268-276.
 69. **Wu, Z., Satter, L.D., Blohowiak, A.J, Stauffacher, R.H, and Wilson, J.H, (2001).** Milk Production, Estimated Phosphorus Excretion, and Bone Characteristics of Dairy Cows Fed Different Amounts of Phosphorus for Two or Three Years. *J. Dairy Sci.* 84:1738–1748.

2. Estimación del consumo de materia seca en vacas del norte de Antioquia en tres tercios de lactancia y dos épocas del año

Estimation of dry matter intake in cows in northern Antioquia in three thirds of lactation and two seasons

Laura Alejandra Flórez Gómez¹, Ztc y Héctor Jairo Correa C.², Ztc., MSc., PhD.

¹Maestría en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; 3213061562; laflorezgo@unal.edu.co. ²Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

2.1 Resumen

Con el fin estimar el efecto del tercio de lactancia y la época del año sobre el consumo de materia seca total (CMSp) en vacas Holstein que pastoreaban praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). Se seleccionaron tres vacas de cada tercio ubicadas en cinco hatos lecheros durante una época de lluvias y una época seca del año 2014 para un total de 90 vacas. Para la estimación del CMS del forraje (CMSp) se utilizó óxido de cromo como marcador externo y materia seca indigerible como marcador interno. La medición del consumo de los suplementos alimenticios se hizo directamente en los comederos durante los ordeños. Los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 3 x 2 mediante el programa estadístico SAS. En general, a medida que avanzó el tercio de la lactancia el CMSs y el CMSt disminuyeron en tanto que el CMSp presentó una disminución en el segundo tercio y así se mantuvo durante el último tercio.

En la época seca el CMSp y el CMSt fueron mayores mientras que el CMSs tendió a ser mayor en la época lluviosa. El CMSp, como porcentaje del CMSt como era de esperarse, se incrementó con el avance del tercio de la lactancia ($p < 0,01$) y además, fue mayor en la época seca ($p < 0,01$).

Palabras clave: consumo, forraje, suplementos, rumiantes.

2.1.1 Abstract

In order to evaluate the effect of weather conditions on the total dry matter intake (CMSt) in Holstein cows of Antioquia who shepherded Kikuyu (*Cenchrus clandestinus*), three cows each third located in five dairy farms were taken during a rainfall season and a dry season of 2014, for a total of 90 cows. Chromium oxide was used as an external marker and indigestible MS as an internal marker to estimate CMS forage (CMSp), for estimating the CMS supplements, these were taken from the feeders at each milking. The data were analyzed in a completely randomized design in a 3 x 2 factorial arrangement with SAS statistical program. In general, as progressed the third of lactation the CMSs and CMSt decreased while the CMSp showed a decrease in the second third and remained so during the last third. In the dry season CMSp and CMSt were higher, while the CMSs tended to be higher in the rainy season. CMSp as a percentage of CMSt as expected, increased with the progress of the third lactation ($p < 0,01$) and also was higher in the dry season ($p < 0,01$).

Palabras clave: intake, forage, ruminants, supplements

2.2 Introducción

Los forrajes son la base de alimentación del ganado en la zona tropical, los cuales son ofrecidos principalmente en pastoreo, esto debido a que es la forma más económica de producir alimento, con lo cual además se aprovecha una de las cualidades que tienen los forrajes tropicales que es su capacidad para producir materia seca (Sánchez, 2007). Por lo tanto su principal fuente de materia seca son los forrajes. Sin embargo, el kikuyo el forraje predominante en el norte de Antioquia y el cual es la base forrajera de dicha región (Sánchez y Villaneda, 2009), tiene ciertas limitaciones debido altos contenidos de fibra en

detergente neutro (FDN) y bajos contenidos de CNE (Correa *et al.*, 2008a); Además es un pasto que tiene altas cantidades de proteína cruda, gracias en parte a la gran cantidad de N que se agrega a la pradera en forma de fertilizantes químicos y de excretas animales (Correa *et al.*, 2011). Lo anterior podría ser el causante de la disminución en su consumo lo cual es un problema ya que el consumo de materia seca a partir del forraje es el factor que más influye sobre la producción en los rumiantes (Mejía, 2002). Por lo tanto estimar el consumo de este es de suma importancia. Sin embargo, estimar dicho consumo con animales bajo pastoreo es complicado ya que hay diferentes factores que influyen sobre el mismo como son aquellos asociados con el animal (estatus hormonal, estado fisiológico, raza, G.C.C.), con la dieta (contenido de energía, proteína, FDN, agua, minerales, etc.) y con el ambiente (temperatura, humedad relativa) (Araujo, 2005). A pesar de la dificultad para estimar el consumo de materia seca se han propuesto métodos tanto directos como indirectos (Aragón, 2002 y Mejía, 2002). En los indirectos se observa la relación entre la cantidad total de heces producidas por unidad de tiempo y la porción no digestible de la dieta (Mejía, 2002).

La cantidad de heces puede ser estimada de manera directa (Correa *et al.*, 2009) e indirecta por medio del uso de marcadores o indicadores externos. Entre ellos el óxido de cromo es uno de los más utilizados (Prigge *et al.*, 1981; Bonilla, 2000 y Correa *et al.*, 2009). Por otro lado, La digestibilidad de la materia seca puede ser calculada igualmente por medio de marcadores que pueden ser tanto internos como externos (Owen y Hanson, 1992; Aragón *et al.*, 2002); los internos son constituyentes naturales de los alimentos como el sílice, la lignina aislada y purificada (Rodríguez *et al.*, 2009), FDNi, FDAi (Correa *et al.*, 2009) y la MSi (Villalba *et al.*, 1994), entre otros. Los marcadores son determinados luego de haber pasado por un proceso de incubación bien sea *in vivo* o *in vitro* por un periodo de 144 horas (Correa *et al.*, 2009).

En Antioquia se han realizados pocos trabajos en los que se estime el consumo de materia seca en vacas en pastoreo. Sin embargo, se encuentran algunos como el trabajo realizado por Correa *et al.*, (2012) En el oriente de Antioquia en el que determinaron el CMS total en vacas Holstein en pastoreo con diferentes ofertas forrajeras, (2,5 kg MS/100kg de PV y 3,5 kg mMS/100kg de PV) donde encontraron que el CMS a partir del pasto kikuyo es de 12,5 kg/vaca/día, y que además si se incrementa la oferta forrajera el consumo aumenta igualmente. Previamente Correa *et al.*, (2009), reportaron que el kikuyo no presenta limitantes para su consumo, encontrando valores de 13,6 kg MS/vaca/día, lo cual es similar a lo encontrado en 2012. Sin embargo, ninguna publicación sobre el CMS por bovinos

lecheros en Colombia ha tenido en cuenta la influencia de la época del año sobre el consumo de materia seca; conocer este fenómeno es de vital importancia ya que se presume que en los últimos años con el aumento de las lluvias y los cielos nublados que hacen que se disminuya la intensidad lumínica, la oferta de kikuyo disminuiría (Correa *et al.*, 2011) y por lo tanto el consumo de este también lo haría, lo que cual tiene repercusiones sobre la producción y la calidad de la leche (Botero, 2008). Para evaluar el efecto del clima sobre el consumo de materia seca se hizo este trabajo, el cual es la continuación del trabajo realizado por Jaimes *et al.*, (2015) en el cual evaluaron el efecto de la época del año (una de lluvia: octubre a noviembre de 2013 y una seca: Enero a febrero de 2014) sobre el CMS en vacas en los tres tercios de la lactancia bajo las condiciones de pastoreo del departamento de Antioquia con la finalidad de establecer la capacidad de respuesta de los animales a cambios en las condiciones

2.3 Materiales y métodos

2.3.1 Localización

El trabajo se realizó en cinco municipios del altiplano norte de Antioquia (San Pedro de los milagros, Santa Rosa de Osos, Entrerrios, Don Matías y Belmira), en cada uno de los cuales se seleccionó un predio, los cuales están a una altura promedio de 2383 m.s.n.m y una temperatura promedio de 16,4 °C. En cada hato se instaló una estación meteorológica (Watchdog 2700, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL) con la que se midió la humedad relativa y la temperatura, la precipitación fue tomada de los datos reportados por el IDEAM (2016).

2.3.2 Animales experimentales

En cada predio se seleccionaron nueve vacas de la raza Holstein de las cuales tres de ellas estaban en el primer tercio de lactancia (50 - 100 DEL), tres en el segundo tercio (100 - 200 DEL) y tres en el tercer tercio (≥ 200 DEL) para un total de 45 vacas, para un total de 90 vacas en el experimento, la cuales estaban bajo pastoreo, en pradera principalmente

de kikuyo. En sistema de ordeño con máquina, con una frecuencia de ordeño de dos veces al día, uno en la mañana y otro en la tarde.

2.3.3 Toma de muestras.

El muestreo se realizó en dos épocas del año, una época lluviosa (Mayo-Junio de 2014) y otra época seca (Agosto-Septiembre de 2014). En estas épocas se estimó la disponibilidad de forraje en las praderas (kg de MS/m²) mediante la técnica del plato liviano descendente (Sharrow, 1984). Con este se midió la altura de la pradera en 15 marcos de 0.25 m² con alturas contrastantes que fueron cosechados al azar a 8.0-10 cm de altura, se pesaron y se secaron en horno microondas siguiendo el procedimiento descrito por Undersander *et al.* (1993) (muestras de 100 g de cada marco). Con los datos obtenidos se elaboró una ecuación que permitió estimar la disponibilidad de MS/m² a partir de la altura. Para ello, se tomaron aproximadamente 50 datos de altura al azar de las franjas que iban a ser pastadas por los animales al inicio de cada uno de los tres últimos días experimentales (ver adelante).

El periodo de muestreo fue de un total de 12 días, en donde en los últimos tres días se hizo la recolección de muestras de leche, en el ordeño de la mañana y en el de la tarde, y al final se hizo una mezcla de estas para obtener una única muestra por animal en cada periodo, a las cuales se analizó en fresco para determinar la calidad nutricional. En el último se estimó el peso vivo con cinta bovinométrica y se evaluó el grado de condición corporal (GCC) de cada animal mediante una puntuación de 1 a 5 (Wattiaux, 1997).

2.3.4 Estimación del consumo de materia seca (CMS).

Para la estimación del CMS del forraje se utilizó el método de los marcadores evaluando el contenido de materia seca indigerible (MSi) como marcador interno para estimar la digestibilidad de la MS (Kanani *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2014) y óxido de cromo como marcador externo para estimar la producción de heces (Lippke, 2002; Correa *et al.*, 2009). Antes del periodo experimental se recolectaron muestras de heces de cada animal para determinar la cantidad de Cr inicial, esto solo se hizo una vez antes de uno de los periodos experimentales, pero al no arrojar resultados en esa ocasión se decidió no hacerlo en los

periodos siguientes. Durante los 12 días del experimento se suministró óxido de cromo a cada animal en forma de pellet formado por una mezcla que tenía en una composición de 50% de Cr, 40% de un alimento comercial y 10% de melaza. Se dieron 20 gr de esta mezcla a cada animal en los dos ordeños. Se tomaron muestras de heces de cada una de las vacas vía rectal en los tres días de muestreo en cada ordeño, al final del periodo de muestreo se hizo una mezcla de todas las muestras tomadas y se obtuvo solo una muestra por vaca, la cual fue conservada bajo congelación para su posterior análisis de Cr en el laboratorio. Además, se tomaron muestras de los suplementos alimenticios y de los forrajes, las cuales fueron secadas a 65 °C, por 48 horas y conservados secas para su posterior análisis en el laboratorio.

La producción de heces (H) se calculó utilizando la ecuación de Lippke (2002) ajustada por el contenido de Cr en las heces antes de comenzar el suministro del óxido de cromo:

$$H, g = (g \text{ de Cr en el alimento}) \times \frac{\text{tasa de recuperación del Cr en las heces}}{(\% \text{ de Cr en las heces} - \% \text{ Cr inicial en las heces})}$$

Ya que al hacer el análisis de las muestras de heces antes del suministro de Cr no arrojó ningún dato, se asumió la tasa de recuperación del Cr en las heces encontrada por Correa et al. (2009) que es del 79,4%.

Para la determinación de la MSi, las muestras del forraje, del suplemento y de las heces de cada vaca se sometieron a una prueba de digestibilidad *in situ* por 144 horas (Correa, et al., 2009). Con la información de la concentración de este marcador en las heces (MSih), en los suplementos alimenticios (MSis) y en los forrajes (MSif) así como con la información del CMS de los suplementos (CMSs), se calculó el CMS de la pradera (CMSp) (Correa et al., 2009):

$$CMSp = ([MSih] \times H - [MSis] \times CMSs) / [MSif]$$

2.3.5 Análisis de laboratorio

Las muestras secas de forrajes y de los suplementos alimenticios fueron molidas en un molino con una malla de 1.0 mm y se les determinó el contenido de cenizas (CEN), extracto etéreo (EE), PC y fibra en detergente neutro (FDN) de acuerdo a métodos descritos por la A. O. A.C. (2005). La determinación del contenido de fósforo (P) y potasio (K) se realizó por espectrofotometría UV-VIS de acuerdo a las normas NTC 4981 y NTC 5151, respectivamente. El contenido de sólidos totales (ST) proteína y grasa en las muestras de leche se determinó mediante los procedimientos descritos por la A. O. A. C. (2005). Las muestras de heces (iniciales y finales) fueron analizadas para Cr por espectrometría de absorción atómica (Holden *et al.*, 1994).

2.3.6 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 2 x 3 (dos periodos y tres tercios de lactancia) de acuerdo al siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + P_i + T_j + P \times T + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es la variable respuesta;

μ es la media poblacional;

P_i es el efecto del i -ésimo periodo;

T_j es el efecto del j -ésimo tercio de lactancia;

$P \times T$ es el efecto de la interacción entre el periodo y el tercio de lactancia; y

e_{ijk} es el error experimental asociado a la k -ésima unidad experimental.

Para ello se utilizó el PROC GLM del programa estadístico SAS (1998).

2.4 Resultados

En la tabla 2-1 se muestran las condiciones meteorológicas que se presentaron durante las dos épocas evaluadas. En esta se puede ver que la HR fue más alta en la denominada época lluviosa mientras que la TEMP, por el contrario, fue más baja en esta época ($p < 0,0001$). La PREC por su parte no mostró diferencias entre las dos épocas indicando que

aunque la denominada época lluviosa debería de haber presentado una mayor PREC, las condiciones meteorológicas fueron inusuales en el periodo en que se realizó este experimento.

Tabla 2-1 Humedad relativa (HR), temperatura ambiental (TEMP) y precipitación (PREC) promedio diaria en las dos épocas del año evaluadas

Época del año	HR	TEMP	PREC
	%	°C	mm
Época Lluviosa	76,95	14,81	5,11
Época Seca	69,53	16,46	5,09
¹ CME	77,03	10,23	1,92
<i>P</i>	<0,0001	<0,0001	0,98

En la ilustración 2a se muestran los promedios de precipitación en los cinco municipios de la zona norte de Antioquia entre los años 2006 y 2011 para las épocas lluviosa y seca mientras que en la ilustración 2b se muestra esa misma información para el año 2014 donde se aprecia que, por lo menos en la zona de estudio, para este año no solo no hubo diferencias en la PREC sino que estas, además, fueron inferiores a las reportadas entre los años 2006 y 2011

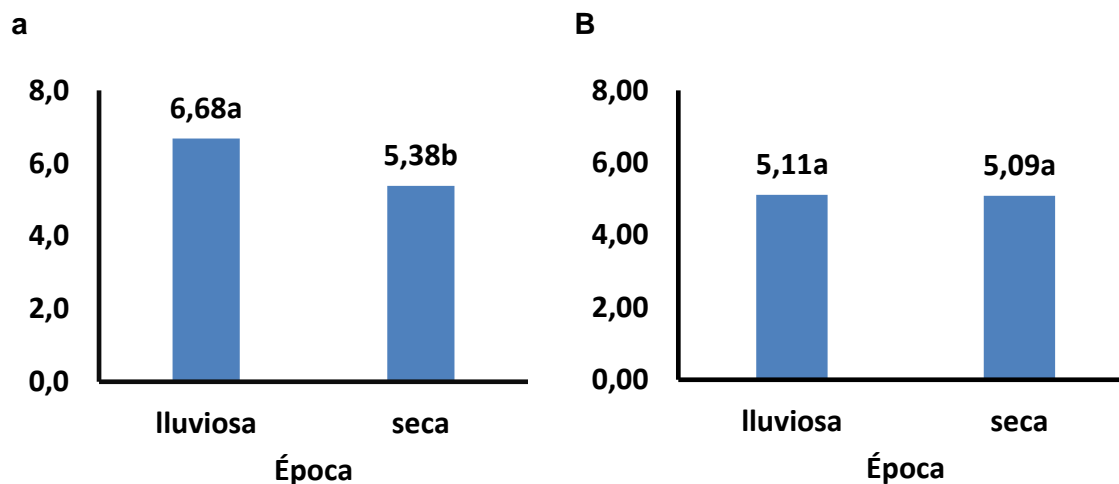


Ilustración 2. Precipitación promedio (mm/d) en las épocas lluviosa y seca entre los años 2006-2011 (a) (EEM=1.14, $p<0.028$) y año 2014 (b) (EEM=1.92, $p>0.98$) en el norte de Antioquia.

En la ilustración 3 se muestran las variaciones encontradas en los diferentes meses del año 2014 para la precipitación registrada en siete estaciones meteorológicas del IDEAM distribuidas en el municipio de Santa Rosa de Osos. Como se puede apreciar las precipitaciones pueden variar marcadamente dependiendo del mes del año encontrándose una alta variación entre Diciembre y Marzo y una menor variación durante el resto del año.

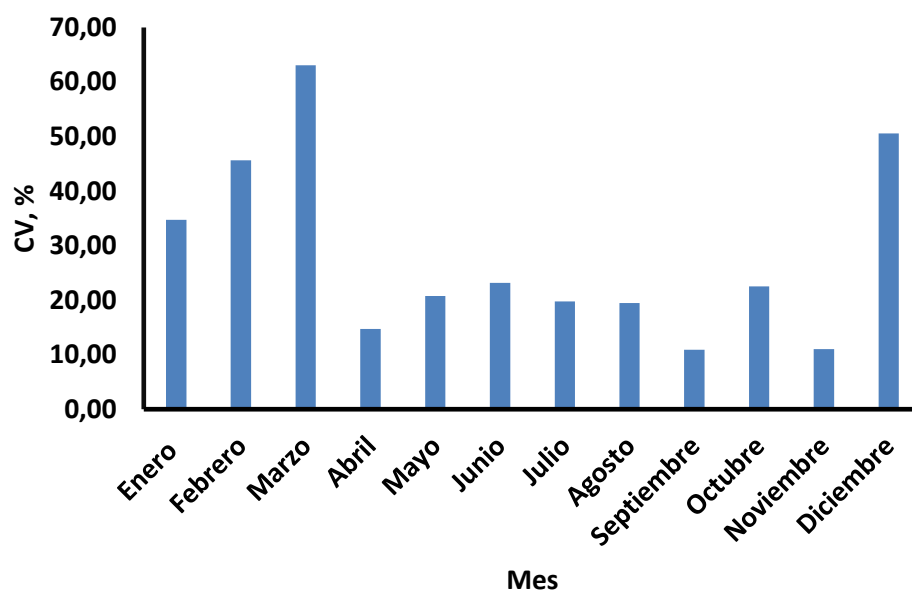


Ilustración 3 Coeficientes de variación en la precipitación mensual registrada en siete estaciones meteorológicas del municipio de Santa Rosa de Osos durante el año 2014.

En la tabla 2-2 se presenta la composición química promedio de las praderas de kikuyo que se utilizaron en los hatos. Como se puede apreciar no hubo efecto de la época del año sobre ninguno de los parámetros evaluados.

Tabla 2-2 Efecto del periodo de evaluación sobre la composición química de las praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en cinco hatos lecheros del norte de Antioquia (n=10).

periodo del año	PC	P	K	E.E.	FDN	MSi
% de la MS						
Lluvioso	20,3	0,438	3,55	2,86	59,9	25,1
Seco	20,3	0,462	3,46	2,65	61,3	29,2
CME	0,737	0,085	2,24	2,27	9,05	13,6
P	0,990	0,246	0,865	0,699	0,51	0,22

PC= proteína cruda; P= fosforo; K= potasio; E.E= extracto etéreo; FDN= fibra en detergente neutro; MSi= materia seca indigerible; EEM: cuadrado medio del error, *p*=valor *p*.

En la tabla 2-3 se presenta la composición química promedio de los suplementos alimenticios que fueron utilizados en los diferentes hatos en las dos épocas del año. Al igual que en el caso de los forrajes (tabla 2-2), no se encontró efecto de la época del año sobre la composición química de los suplementos. Así mismo, se puede observar que el contenido de PC, K y FDN fue menor que los hallados en los forrajes, pero el contenido de P y EE fue mayor.

Tabla 2-3 Efecto del periodo de evaluación sobre la composición química de los suplementos alimenticios utilizados para vacas lactantes en cinco hatos lecheros del norte de Antioquia (n=10).

periodo del año	PC ¹	P	K	E.E.	FDN	MSi
% de la MS						
Lluvioso	15,6	0,63	0,812	4,14	18,9	12,7
Seco	15	0,578	0,8	5,12	19,1	11,3
EEM	0,812	0,391	0,811	4,52	15,5	10,2
P	0,597	0,569	0,84	0,36	0,95	0,549

PC= proteína cruda; P= fosforo; K= potasio; E.E= extracto etéreo; FDN= fibra en detergente neutro; MSi= materia seca indigerible; EEM: cuadrado medio del error.

En la tabla 2-4 se muestran las características promedio de las vacas usadas en el experimento en función de la época del año y del tercio de lactancia. Como se puede observar no hubo una interacción entre estos factores y las variables evaluadas. Solo se encontró efecto significativo de la época del año sobre los días en leche mientras que el

tercio de lactancia, como era de esperarse, afectó todas las variables, excepto el GCC y el contenido de PC en la leche.

Tabla 2-4 Días en lactancia, peso vivo, grado de condición corporal y producción y calidad de la leche en función del tercio de lactancia y la época del año (n=86).

Tercio	Época lluviosa			Época seca			Valor P		
	<100D	101-200D	>201D	<100 D	101-200D	>201D	T	E	TXE
DEL¹	76,86	165,2	270,07	70,36	145,9	239,8	<0,0001	0,015	0,450
PV	585,93	612,8	642,26	589,2	619,8	609,5	0,050	0,564	0,374
GCC	3,26	3,11	3,50	3,27	3,41	3,38	0,107	0,454	0,078
PL	27,11	21,7	17,3	27,4	24,92	17,61	<0,0001	0,283	0,492
PC%	2,93	3,11	3,18	3,01	3,00	3,25	0,071	0,921	0,573
G%	3,16	3,35	3,87	2,99	3,03	3,45	0,020	0,094	0,846

1 DEL = días en leche; PV: peso vivo; GCC: grado de condición corporal; PL: producción de leche; PC%: porcentaje de proteína cruda; G%: porcentaje de grasa; T: tercio de lactancia; E: época del año; TXE: interacción entre el tercio de lactancia y la época del año

En la tabla 2-5 se muestra el Consumo de suplemento (CMSs), de la pradera (CMSp) y total (CMSt). Así mismo, se muestra el consumo de la pradera como porcentaje del consumo total (CMSp, % Tot) en función tanto del tercio de lactancia como la época del año. Como se puede apreciar el tercio de la lactancia tuvo efecto sobre todas las variables evaluadas ($p < 0,01$), y sobre el CMSp ($p > 0,026$). La época del año, tuvo efecto sobre todas las variables evaluadas ($p < 0,0001$) incluso sobre el consumo del suplemento alimenticio (CMSs) ($p > 0,08$). En general, a medida que avanzó el tercio de la lactancia el CMSs y el CMSt disminuyeron en tanto que el CMSp presentó una disminución en el segundo tercio y se mantuvo en el último tercio. En la época seca el CMSp y el CMSt fueron mayores mientras que el CMSs tendió a ser mayor en la época lluviosa. El CMSp, como porcentaje del CMSt como era de esperarse, se incrementó con el avance del tercio de la lactancia ($p < 0,01$) y además, fue mayor en la época seca ($p < 0,01$).

Tabla 2-5 Consumo de suplemento, consumo de forraje, consumo total y consumo de la pradera como porcentaje del consumo total en función del tercio de lactancia y el periodo del año.

Variable	Tercio			Época		valor P		
	1	2	3	Lluv	Sec.	CME	T	E
CMSs¹, kg/vaca/d	6,61 ^a	5,54 ^b	4,39 ^c	5,81 ^a	5,11 ^b	3,32	<0,0001	0,08
CMSp, kg/vaca/d	11,10 ^a	10,17 ^b	10,25 ^{ab}	9,05 ^b	12,07 ^a	2,74	0,026	<0,0001
CMSt, kg/vaca/d	17,72 ^a	15,71 ^b	14,65 ^c	14,86 ^b	17,19 ^a	3,48	<0,0001	<0,0001
CMSp, % Tot	62,39 ^b	64,66 ^b	69,68 ^a	61,22 ^b	70,62 ^a	72,5	0,011	<0,0001

CMSs= Consumo de suplemento; CMSp =, consumo de forraje; CMSt= consumo total de materia seca; CMSp, % Tot= consumo de la pradera como porcentaje del consumo total; Sec: época seca; Lluv: época lluviosa.

2.5 Discusión

Para este trabajo se seleccionaron dos épocas en la cuales, de acuerdo a los registros meteorológicos históricos reportados por el IDEAM (2016), hubiera una marcada diferencia en cuanto a la precipitación en los municipios seleccionados. Fue así como se eligieron los meses de mayo y junio como los correspondientes a la época lluviosa y los meses de agosto y septiembre para la época seca (Ilustración 2a). Sin embargo, en este trabajo se encontró que en la época señalada como de lluvias, la precipitación fue igual a la que se reportó para la época seca durante el periodo experimental (Ilustración 2b) evidenciando un cambio en el régimen de lluvias en el año 2014 cuando se comparó con las precipitaciones reportadas en años anteriores (GA, 2006-2011). A pesar de ello, no se encontró ninguna mención en los informes meteorológicos del IDEAM ni del anuario estadístico de Antioquia sobre este fenómeno que permitiera corroborar esta información. Esto, sin embargo, puede ser debido a la alta variación espacial que se reporta entre estaciones meteorológicas cercanas. Así, en el caso del municipio de santa rosa de osos que posee siete estaciones meteorológicas, los registros de precipitación para el año 2014 presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 10,9% en el mes de septiembre hasta 63,1% en el mes de marzo tal y como se presenta en la ilustración 3. Esto indica que en una misma región pueden encontrarse precipitaciones marcadamente diferentes en la misma época del año, por lo que no resulta extraño que los datos registrados por las

estaciones meteorológicas ubicadas en las fincas experimentales presentaran valores inferiores a los reportados por el IDEAM en la zona de estudio.

El contenido de PC, FDN, P y K en los forrajes (Tabla 2-2) fueron muy similares a los datos reportados por Correa et al. (2008a) en muestras recolectadas de pasto kikuyo en Antioquia. El contenido de EE, sin embargo, fue menor al reportado por estos autores. En general, la concentración de PC, FDN, P y K está por encima de los requerimientos y recomendaciones que hace el NRC (2001) para vacas lactantes, lo que es considerado como limitantes para la producción de leche en estos sistemas de producción (Caro y Correa, 2006). Como se puede observar, no hubo efecto de la época del año sobre la composición química de los forrajes, incluida la MSi. Álvarez et al. (2008) tampoco encontraron efecto de la época de cosecha del pasto kikuyo henificado sobre el contenido de FDN y de PC cuando se cosechó en una misma edad. Resultados similares fueron reportados por Jaimes et al. (2015), quienes en un experimento previo y bajo las mismas condiciones, no hallaron efecto de la época del año sobre la composición química del kikuyo. En el trabajo de estos autores, sin embargo, se reportó una concentración ligeramente más alta de FDN, PC, K y MSi del pasto kikuyo. Álvarez et al. (2008), evaluaron la digestibilidad total del heno de kikuyo en dos épocas de corte diferente y encontraron que la digestibilidad total de la MS de este tampoco fue afectada por la época del año.

Los contenidos de PC, EE y el FDN en los suplementos alimenticios utilizados en este trabajo (Tabla 2-3) fueron menores que los reportados por Correa et al. (2008b) para suplementos alimenticios utilizados en el departamento de Antioquia para vacas lactantes. Así mismo, los contenidos de PC, FDN, EE, K y MSi en los suplementos alimenticios fueron menores que los reportados por Jaimes et al. (2015), en un trabajo realizado en las mismas condiciones, lo que significa que la composición química de estos alimentos no es homogénea a lo largo del año. De hecho en el trabajo de Jaimes et al. (2015), encontraron que el contenido de PC y de EE fueron menores en los suplementos suministrados en el periodo lluvioso comparado con los suministrados en el periodo seco.

Al igual que en este trabajo, Jaimes et al. (2015), encontraron que no hubo efecto de la época del año sobre el PV, PL, PC y G. Por el contrario, Nóbrega y Langoni (2011), encontraron diferencias entre dos épocas del año sobre estos mismos parámetros en vacas de las razas Holstein y Jersey en Brasil. Estos autores encontraron que

independientemente de la raza, en la época seca se daba una mayor PL pero con un menor porcentaje de PC y G. Como era de esperarse, en este trabajo se encontró que hubo efecto del tercio de la lactancia sobre la producción de leche y sobre el contenido de G pero no sobre el contenido de PC (ver Tabla 2.4). AkhandPratap et al. (2014) trabajando con vacas Holstein en el sur de la India, así mismo, reportaron efecto del tercio de lactancia sobre la producción y el contenido de G en la leche sin que el porcentaje de PC se viese afectado por este factor.

El CMSp fue afectado por el tercio de lactancia donde tendió a disminuir en el segundo tercio manteniéndose estable en el tercer tercio. Los valores hallados en este trabajo están por debajo de los datos reportados por León et al. (2008), quienes estimaron el CMSp en vacas Holstein pastando praderas de kikuyo en 18,2 kg/vaca/día. Estas diferencias es probable que se deban a que estos autores no determinaron el porcentaje de recuperación del Cr, asumiendo una recuperación del 100%, lo cual lleva a que se estime una producción mayor de heces. Por otro lado, Correa et al. (2011) estimaron el CMSp en dos tercios y encontraron que el consumo más alto se daba en el segundo tercio (14,5 kg), con un nivel de suplementación bajo, lo que está de acuerdo con los datos encontrados en este trabajo para el segundo y tercer tercio, aunque el CMSp fue mucho mayor en el primero.

Según el NRC (2001), la máxima capacidad de consumo de materia seca se da entre la semana 10 y la 14 de la lactancia, es decir en el primer tercio, lo que coincide con los resultados hallados en este trabajo donde el CMSs, el CMSp y el CMSt fueron mayores en el primer tercio de lactancia (Tabla 2-5), y decrecieron al final. El CMSs fue afectado por el tercio de lactancia, mostrando una reducción con el avance de la lactancia, lo que hizo que al final de esta el CMSp como porcentaje del CMSt fuera mayor, es decir, el forraje fue quien aportó la mayor cantidad de materia seca a la dieta. Estos resultados coinciden con los datos reportados por Correa et al. (2011), quienes estimaron el CMSp a partir del kikuyo y encontraron que este tendió a aumentar en el segundo tercio, mientras que CMSs disminuyó. Esto implicó que el CMSp como porcentaje del CMSt fuera mayor al avanzar la lactancia. Es una práctica común entre los productores que a medida que avanza la lactancia y se reduzca la producción de leche, se disminuya el suministro de concentrado lo que conduce a un aumento en el CMSp como ha sido reportado por otros autores (Riquelme y Pulido 2008; Pulido et al. 2009).

La época del año tuvo efecto sobre el CMSs ($p < 0,08$), donde se observa que este fue mayor en la época lluviosa, lo cual está en contradicción con la practica en la cual los

productores suministran mayor cantidad de alimento a los animales en la época seca previendo una reducción en la oferta forrajera, esto puede ser debido a que como se indicó anteriormente la precipitación en la época lluviosa fue igual a la época seca por lo que el manejo fue diferente al tradicional tal y como lo evidenció Jaimes et al. (2015) quienes reportaron este mismo efecto aunque el CMSs fue mayor en la época seca (época seca: $6.00 \text{ kg} \pm 1,74 \text{ kg/vaca/día}$; época de lluvias: $4,8 \text{ kg} \pm 2,94 \text{ kg/vaca/día}$), sin que dichos autores dieran una explicación para ello.

El CMSp fue mayor en la época seca ($<0,0001$) que en la época lluviosa no obstante que la disponibilidad de forraje fue mayor en esta segunda época ($0,689 \text{ kg/m}^2 \pm 0,14$) que la reportada por Jaimes et al. (2015) en la época lluviosa ($0,445 \text{ kg/m}^2$). Esta disminución en el CMSp durante esta época pudo ser debido al aumento en el suministro de suplemento alimenticio que ejerció un efecto de sustitución marcado en el consumo de la pradera, a pesar de que la disponibilidad de forraje fue alta. Esto está en consonancia con lo reportado por Bargo et al. (2002), quienes concluyeron que en la medida en que la oferta forrajera aumenta, en ese mismo sentido se incrementa el efecto de sustitución. Este mismo fenómeno lo encontraron Magalhaes et al. (2001), quienes trabajando con vacas cruzadas Holstein x Cebú pastoreando en praderas de *Pennisetum purpureum* Schum, evaluaron el CMSp en las cuatro estaciones del año y encontraron que este fue mayor en el verano que el invierno, encontrando valores tan altos de CMS como % del PV como 3,5% en verano y solo 1,4% en invierno. Estos autores, sin embargo, determinaron la digestibilidad de la MS con muestras obtenidas por extrusa esofágica de solo dos vacas y sometidas a una prueba in vitro lo que pudo haber afectado sus resultados. Adicionalmente, los autores no discuten la magnitud de sus resultados frente a lo que hayan obtenido otros autores.

El CMSt también fue afectada por la época del año ($p<0,0001$), siendo mayor en la época seca que en la época lluviosa. A pesar de que el CMSs disminuyó en la época seca, esta no fue significativa y además el CMSp aumentó generándose un efecto de compensación e influyendo en que el CMSt aumentara, lo cual es diferente a lo encontrado por Jaimes et al. (2015), quienes a pesar de que reportaron el mismo fenómeno de compensación no observaron efecto de la época del año sobre dicho consumo. Por otro lado, Magalhaes et al. (2001), hallaron que el mayor CMSt se dio en la época seca, lo cual fue atribuido a la mayor oferta forrajera durante esta época. Debido a lo anterior es de esperarse entonces el CMSp, como porcentaje de la CMSt, fuera afectado por la época del año ($p<0,0001$), encontrándose valores superiores en la época seca que en la época lluviosa. Tal y como

se explicó anteriormente el CMSp aumentó en la época seca y el CMSs disminuyó motivo por el cual el CMS aportado por el forraje fue superior que en la época seca.

2.6 Conclusiones

No se encontraron diferencias significativas en la composición nutricional de las praderas y de los suplementos alimenticios en las dos épocas del año. Sin embargo, se encontró un incremento significativo en el CMSp en la época seca al tiempo que se redujo el consumo del suplemento alimenticio. Aun así, el CMSt fue mayor en la época seca sin que ello afectara la producción y calidad de la leche.

2.7 Bibliografía

1. **AkhandPratap, Kumar, D, Kumar, P. y Singh, A. (2014).** Effect of pregnancy, lactation stage, parity and age on yield and components of raw milk in holstein friesian cows in organized dairy form in allahabad. Journal of Agriculture and Veterinary Science. 7(I):112-115.
2. **Álvarez, E, Rodríguez, J, Rodríguez, RE, Carrillo, G, Zinn, R, Plascencia, A, Montaña, M, González, V, Espinoza, S. y Aguilar, U. (2008).** Valor alimenticio comparativo del pasto kikuyo (*pennisetum clandestinum*, var. Whittet) en dos estaciones de crecimiento con ryegrass (*lolium multiflorum*) y sudán (*sorgum sudanense*) ofrecido a novillos Holstein. [Internet]. Feb [Citado 2016 Abr 06]; 33(2): 135-139. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000200010&lng=es.
3. **Aragón, V.E. y Naranjo, H.A. (2002).** Estimativa del consumo en vacas en lactación en sistema a pasto. Arq ciên vet Zool UNIPAR. 5(1): 135-144.
4. **Araujo, FO (2005).** Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX seminario de pastos y forrajes. [Internet]. [citado 2016 Abr 06]; Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf

5. **Association of Official Analytical Chemists (A. O. A. C.) (2005)**. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists 2005. 18th edition Washington, USA.
6. **Bargo, F. (2002)**. Eficiencia de utilización del nitrógeno en sistemas lecheros pastoriles. IAH15. [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/3A721D9F8A377D9585257D55006A88C7/\\$FILE/11.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/3A721D9F8A377D9585257D55006A88C7/$FILE/11.pdf)
7. **Bonilla, C.J (2000)**. Consumo Voluntario de Forraje por Vacas Lecheras en Pastoreo. INIFAP Folleto Científico (1).
8. **Botero, L.V. (2008)**. Vacas sufren el cambio climático. El colombiano Medellín 9 de Noviembre. [Internet]. [citado 2016 Abr 06]; Disponible en: http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/V/vacas_sufren_el_cambio_climatico/vacas_sufren_el_cambio_climatico.asp?CodSeccion=9
9. **Caro, F. y Correa, H.J. (2006)**. Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macro minerales en el pasto Kikuyo (*pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development 18 (10).
10. **Correa, H.J, Pabón R.M, y Carulla, F.J. (2009)**. Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquia. Livestock Research for Rural Development 21 (4). [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd21/4/corr21059.htm>.
11. **Correa, H.J, Pabón, M.L, Sánchez, M.Y, Carulla, J.E (2011)**. Efecto del nivel de suplementación sobre el uso del nitrógeno, el volumen y la calidad de la leche en vacas Holstein de primero y segundo tercio de lactancia en el trópico alto de Antioquia. Livestock Research for Rural Development, 23.
12. **Correa, H.J, Pabón, M.L. y Carulla, J.E. (2008b)**. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): II -Contenido de energía, consumo, producción y eficiencia nutricional. Livestock Researchfor Rural Development, 20 (4), Article # 59. [Internet].
13. **Correa, H.J, Pabón, R.M, Carulla, F.J. (2008a)**. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (una revisión): I- composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Livestock Research for Rural Development, 20 (4), Article # 59.

14. **Correa, H.J, Rodriguez, Y.G, Pabon, M.L. y Carulla, J.E. (2012).** Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. *Livestock Research for Rural Development* 24 (11).
15. **Gobernación de Antioquia (GA). (2006).** Anuario Estadístico de Antioquia. Departamento
16. **Gobernación de Antioquia (GA). (2007).** Anuario Estadístico de Antioquia. Departamento
17. **Gobernación de Antioquia (GA). (2008).** Anuario Estadístico de Antioquia. Departamento
18. **Gobernación de Antioquia (GA). (2009).** Anuario Estadístico de Antioquia. Departamento
19. **Gobernación de Antioquia (GA). (2010).** Anuario Estadístico de Antioquia. Departamento
20. **Gobernación de Antioquia (GA). (2011).** Anuario Estadístico de Antioquia. Departamento
21. **Holden, L. A; Muller, L. D. y Fales, S. L (1994).** Estimation of intake in grazing grass pasture high producing Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 77: 2332-2340.
22. **Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales IDEAM. (2016).** [Internet]. [citado 2016 Abr 06]; Disponible <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Usuarios&ITipo=usuarios&IFuncion=login&>
23. **Jaimes L.J, Cerón J.M. y Correa H.J. (2015).** Efecto de la época del año y la etapa de lactancia sobre el consumo alimenticio de vacas Holstein pastoreando Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en Colombia. *Livestock Research for Rural Development* 27 (12).
24. **Kanani, J, Philipp, D, Coffey, K.P, Kegley, E.B, West, C.P, Gadberry, S, Jennings, J, Young, A.N. y Rhein, R. (2012).** In situ evaluation of internal markers for predicting digestibility and fecal output in cattle fed various bermudagrass hays. *Arkansas Animal Science Department Report*: 78 – 81.
25. **León, J.M, Mojica, J.E, Castro, E, Cárdenas, EA, Pabón, M.L, Carulla, J.E. (2008).** Balance de nitrógeno y fosforo de vacas lecheras en pastoreo con

- diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). Rev. Colom. Cienc. Pecua. 21.
26. **Lippke, H. (2002).** Estimation of forage intake by ruminants on pasture. Crop Science 42: 869– 872.
 27. **Magalhaes, L.J, Ferraz, F.C, Guimaraes, J.P, Deresz, F, Verneque, R, Braga, P. y Lopes de Matos, L (2001).** Daily intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass rotationally. Pesq. Agropec. Bras. Brasília. 36(6).
 28. **Mejía, H.J. (2002).** Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. Acta Universitaria. 12 (3):56-63.
 29. **National Research Council (NRC). (2001).** The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press, Washington, D. C. 381p
 30. **Nóbrega, D.B. y Langoni, H. (2011).** Breed and season influence on milk quality parameters and in mastitis occurrence. Pesq Vet Bras 31(12).
 31. **Owens, F.N. y Hanson, C.M. (1992).** External and Internal Markers for Appraising Site and Extent of Digestion in Ruminants. J. Dairy. Sci. 75: 2605 – 2617.
 32. **Prigge, C.E, Varga, A.G, Vicini, L.J, Reid, L.R. (1981).** Comparison of ytterbium chloride and chromium sesquioxide as fecal indicators. J. Anim. Sci. 53 (6):1629 – 1633.
 33. **Pulido, R.G, Escobar, A, Follert, S, Leiva, M, Orellana, P, Wittwer, F. y Balocchi, O. (2009).** Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre la respuesta productiva en vacas lecheras a pastoreo primaveral con alta disponibilidad de pradera. Arch Med Vet. 41: 197-204.
Reproduction and genetic selection. Babcock Dairy Essentials.
 34. **Riquelme, C, Pulido, R.G (2008).** Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento ingestivo en vacas lecheras a pastoreo primaveral. Arch. Med. Vet. 40: 243-249.
 35. **Rodríguez, N.M, Simões, S.E. y Guimarães, J.R (2009).** Uso de indicadores para estimar consume y digestibilidad de pasto. LIPE, lignina purificada y enriquecida. Rev. Col. Cienc. Pec. 20 (4): 518-525.
 36. **Sánchez, J.M (2007).** Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela.

37. **Sánchez, M.L. y Villaneda, V.E (2009).** Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano. Corpoica. 24p
38. **Sharrow, S. H. (1984).** A Simple Disc Meter for Measurement of Pasture Height and Forage Bulk. Journal of Range Management, 37(I): 94-95.
39. **Silva, L.G, Torrecilhas, J.A, García, M, Eiras, C.E, Prado, R.M. y Prado, I.N (2014).** Glycerin and essential oils in the diet of Nellore bulls finished in feedlot: animal performance and apparent digestibility. Anim Sci. 36(2): 177-184.
40. **Statistical Analysis Software (SAS). (1998).** SAS User's Guide: Statistics (Version 8); CaryNC: the Institute..
41. **Undersander, D, Mertens, D.R. y Thiex, N (1993).** Forage analyses procedures. National Forage Testing Association, Omaha, NE. 139 p.
42. **Villalba, M.D, Riesgo, M, Castro, T, Manso, T. y Mantecon, A.R (1994).** Estimación de la digestibilidad del pasto a partir de la materia seca indigestible a lo largo de la estación de pastoreo. XIX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. 275-278.
43. **Wattiaux, M. A. (1997).** Body condition scores. Topic # 5. Topic summaries from:

3.Eficiencia en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en vacas Holstein del norte de Antioquia en los tres tercios de lactancia y en dos épocas del año.

Efficiency of use of nitrogen, phosphorus and potassium in Holstein cows Northern Antioquia in the three thirds of lactation and two seasons

Laura Alejandra Flórez Gómez¹, Ztc y Héctor Jairo Correa C.², Ztc., MSc., PhD.

¹Maestría en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; 3213061562; laflorezgo@unal.edu.co. ²Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

3.1 Resumen

Con el objetivo de calcular la eficiencia en el uso nitrógeno, fósforo y potasio en vacas Holstein del norte de Antioquia en los tres tercios de lactancia y en dos épocas del año una de lluvias (Mayo-Junio) y otra seca (Septiembre - Agosto). Se tomaron cinco hatos ubicados en el norte de Antioquia cuya base forrajera fuera kikuyo (*cenchrus clandestinum*), en los cuales se pusieron estaciones meteorológicas para hacer medición de variables climáticas. De cada uno de estos hatos se seleccionaron 9 vacas Holstein (tres de cada uno de los tercios) en cada una de las épocas para un total de 45 vacas por época y 90 vacas en total. A estas se les calculo el consumo de forraje, suplementos alimenticios y sal mineralizada, además durante tres días consecutivos, se tomaron muestras de heces y orina para hacer el cálculo de la excreción de N, P y K y muestras de

leche para calcular la secreción láctea de estos, luego de esto con estos datos se calculó la digestibilidad y eficiencia en el uso de estos nutrientes. Los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 3 x 2 (tres tercios de lactancia por dos épocas del año) mediante el programa estadístico SAS. La eficiencia en el uso del N no fue afectada ni por la época del año ($p > 0,841$) ni por el tercio de la lactancia ($p > 0,120$), la eficiencia del P ($p < 0,05$) y la del K ($p < 0,0005$) disminuyeron conforme avanzó la lactancia. Además la eficiencia en el uso del K fue mayor en la época lluviosa ($p < 0,016$). Se concluye que el consumo de N, P y K en estas vacas es más alto que el reportado en otros países, lo que afectó negativamente la eficiencia en el uso de estos nutrientes. Además, se vio reducida con el tercio de la lactancia y con el incremento en la suplementación alimenticia en la época lluviosa.

Palabras clave: eficiencia, nitrógeno, fosforo, potasio

3.1.1 Abstract

With the purpose to calculate the efficiency of Nitrogen use, Phosphorus and Potassium in Holstein cows Northern Antioquia in the three thirds of lactation and in two seasons, a rainy season (May-June) and a dry season (September to August). Five herds located in northern Antioquia whose forage base was Kikuyu (*Cenchrus clandestinum*), in which were placed weather stations to measure climate variables were taken. In each of these herds 9 Holstein cows (three of each thirds) in each of the times for a total of 45 cows and 90 cows time in total were selected. These are estimate forage intake, dietary supplements and mineralized salt, plus three consecutive days, stool samples and urine were taken to calculate the excretion of N, P and K and milk samples to calculate secretion milk of these, after that these data digestibility and efficiency of these nutrients was calculated. The data were analyzed in a completely randomized design in a 3 x 2 factorial arrangement (three thirds of breastfeeding for two seasons) using the SAS statistical program. . The efficiency of N was not affected neither by the season ($p > 0.841$) or by the third of lactation ($p > 0.120$), the efficiency of P ($p < 0.05$) and K ($p < 0.0005$) decreased as lactation progressed. Furthermore, the efficiency of K was higher in the rainy season ($p < 0.016$). It is concluded that consumption of N, P and K in these cows is higher than that reported in other countries, which adversely affected the efficiency of these nutrients. In addition, he was reduced to a third of lactation and increased nutritional supplementation in the rainy season.

3.2 Introducción

Los sistemas de producción de leche a nivel mundial se han intensificado cada vez más con el objetivo de aumentar su nivel de producción. Los sistemas de producción en el norte de Antioquia no han sido ajenos a este fenómeno, motivo por el cual no solo el uso de fertilizantes químicos y de suplementos alimenticios ha venido en aumento, sino también la generación de residuos por parte de los animales (FAO, 2006). La falta de un manejo adecuado de estos residuos ha ocasionado gran preocupación debido a que estos aportan grandes cantidades de nutrientes tales como el N (Castillo et al., 2001, Mulligan *et al.*, 2004), el P (Bravo, 2003) y el K (García et Al., 2007) al suelo, que al estar en altas proporciones no son aprovechados en su totalidad por los forrajes y deben ser eliminados del sistema, cuyo destino terminan siendo las fuentes de agua tanto superficiales como subterráneas, lo que genera un gran impacto ambiental (FAO, 2002). En esta región de Antioquia la intensificación de los sistemas ha sido señalado como el responsable de la contaminación de la cuenca del Río Grande II (Sierra, 2010).

El pasto predominante en la región lechera del norte de Antioquia es el kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) (Sánchez y Villaneda, 2009), el cual es fertilizado con grandes cantidades de fertilizantes químicos, estos hacen grandes aportes de N, P y K. El aporte de N hace que se aumente la PC del forraje pero al no haber un aporte suficiente de energía esta no puede ser usada para la síntesis de proteínas microbianas, lo cual deriva en la excreción de los excesos de N lo que ocasiona la contaminación de las aguas. Por su lado, el P se encuentra en grandes cantidades en los forrajes, el cual se encuentra hasta en un 0,42% (León et al., 2008) lo que es superior a la recomendación de la NRC (2001) que esta entre 0,32% y 0,37% para animales con una producción de leche de entre 35 y 40 kg/día; Si además se tiene en cuenta que este es suplementado en sales minerales, los niveles en que los animales están consumiendo este nutriente son muy altos. Por lo tanto, esos excesos son excretados por los animales al ambiente, que sumado a la fertilización química hace que el impacto ambiental sea alto. El K también es agregado al suelo en forma indiscriminada basada en dosis que fueron determinadas en estudios en los cuales no se tienen en cuenta los aportes realizados por los animales por medio del reciclaje de nutrientes (Guerrero, 1998 y Mejía *et al.*, 2014).

En Colombia no son muchos los trabajos publicados en los que se haya evaluado la excreción de nutrientes en heces y orina, sin embargo, se encuentran algunos en los que se ha evaluado solo el N (Alcaraz et al., 2001; Castro et al., 2009; Correa et al., 2011, y Correa et al., 2012), el N y P (León et al., 2008) y para el K no se encuentra ninguno. Adicionalmente ninguno de estos trabajos tiene en cuenta el efecto de los cambios climáticos sobre la excreción de dichos nutrientes, lo cual presuntivamente está muy relacionado, teniendo en cuenta que el aumento de los días nublados y de las lluvias estaría relacionado con la disminución en la oferta de kikuyo (Correa et al., 2011), por lo cual la excreción de nutrientes probablemente también estaría afectada.

Este trabajo fue desarrollado como continuación del trabajo de Jaime et al. (2015) quienes evaluaron la excreción de N, P y K en cinco hatos lecheros del norte de Antioquia, en dos épocas del año una de lluvia (octubre a noviembre de 2013) y una seca (enero a febrero de 2014). Con este trabajo se busca evaluar estos mismos parámetros en otras dos épocas una de lluvia y una seca como complemento de este trabajo. Es por ello que el objetivo de esta investigación es estimar la eficiencia en el uso de N, P y K en cinco hatos lecheros de la cuenca norte de Antioquia en un periodo de alta y otro de baja precipitación.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Localización

El trabajo se realizó en cinco municipios del altiplano norte de Antioquia (San Pedro de los milagros, Santa Rosa de Osos, Entrerrios, Don Matías y Belmira), en cada uno de los cuales se seleccionó un predio, los cuales están a una altura promedio de 2383 m.s.n.m y una temperatura promedio de 16,4 °C. En cada hato se instaló una estación meteorológica (Watchdog 2700, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL) con la que se midió la humedad relativa y la temperatura, la precipitación fue tomada de los datos reportados por el IDEAM (2016).

3.3.2 Animales experimentales

El muestreo se realizó en dos épocas del año, una época lluviosa (Mayo - Junio de 2014) y otra época seca (Agosto - Septiembre de 2014), en cada una de las cuales se

seleccionaron en cada uno de los cinco predios escogidos, nueve vacas de la raza Holstein de las cuales tres de ellas estaban en el primer tercio de lactancia (50 - 100 DEL), tres en el segundo tercio (100 - 200 DEL) y tres en el tercer tercio (≥ 200 DEL) para un total de 45 vacas, para un total de 90 vacas en el experimento. Estas estaban bajo pastoreo, en praderas compuestas principalmente por kikuyo. En sistema de ordeño con máquina, con una frecuencia de ordeño de dos veces al día, una en la mañana y otra en la tarde.

3.3.3 Toma y análisis de muestras

El periodo de muestreo fue de un total de 12 días, donde los últimos tres días se hizo la recolección de muestras de leche, además se recolectó heces vía rectal de los animales y se recolectó orina por medio de la estimulación perineal, en el ordeño de la mañana y en el de la tarde. Al final se hizo una mezcla de cada uno de los tipos de muestra de cada animal para obtener una única muestra por animal en cada periodo. Cierta cantidad de la leche se analizó en fresco para determinar la calidad nutricional y otra cantidad se congeló para hacer el análisis de minerales en el laboratorio. Las muestras de orina fueron acidificadas con ácido sulfúrico a razón de 5-6 gotas/20ml al momento de tomar la muestra. Las muestras de heces se congelaron para su posterior procesamiento y análisis en el laboratorio. El último día se estimó el peso vivo con cinta bovinométrica y se evaluó el grado de condición corporal (GCC) de cada animal mediante una puntuación de 1 a 5 (Wattiaux, 1997). Durante el muestreo se recolectaron muestras de suplementos, sales mineralizadas y forrajes.

Las muestras de heces y forraje fueron secadas en un horno a 65 °C, por 48 horas y conservadas secas para su posterior análisis. El consumo de materia seca se estimó como se mostró en el capítulo 2 de este trabajo, no pudo ser calculada la cantidad de sal exacta que cada animal del experimento consumió por lo que se tomó el promedio del consumo de todos los animales.

3.3.4 Análisis de laboratorio

Las muestras secas de forrajes y del suplemento alimenticio fueron molidas con una malla de 1.0 mm y se les determinó el contenido de cenizas (CEN), extracto etéreo (EE), PC y

fibra en detergente neutro (FDN) de acuerdo a métodos descritos por la A. O. A. C. (2005). La determinación del contenido de fósforo (P) y potasio (K) se realizó por espectrofotometría UV-VIS de acuerdo a las normas NTC 4981 y NTC 5151, respectivamente. En las muestras de heces, orina y leche se determinó, así mismo, el contenido de N, P y K.

3.3.5 Eficiencia en el uso de N, P y K

Se estimó el consumo de N, P y K de los forrajes, las sales mineralizadas y los suplementos alimenticios y del total, así como la concentración en la dieta total. Se estimó igualmente la excreción en heces y orina, estimándose la digestibilidad aparente y la excreción total. También se estimó la secreción láctea de estos tres elementos y la eficiencia con la que el consumo se reflejó en la secreción láctea. Partiendo del supuesto de tener una capacidad de carga (CC) de tres vacas/ha, se estimó la excreción total de N, P y K/ha/año.

3.3.6 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 2 x3 (dos épocas y tres tercios de lactancia) de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + T_j + P \times T + e_{ijk}$$

Donde

Y_{ijk} es la variable respuesta; μ es la media poblacional; P_i es el efecto del i -ésimo

Periodo;

T_j es el efecto del j -ésimo tercio de lactancia;

$P \times T$ es el efecto de la interacción entre el periodo y el tercio de lactancia; y

e_{ijk} es el error experimental asociado a la k -ésima unidad experimental.

Para ello se utilizó el PROC GLM del programa estadístico SAS (1998).

3.4 Resultados

No se presentó interacción entre el tercio de lactancia y la época del año para las variables evaluadas por lo que estos factores se analizaron de manera independiente. En las tablas 3-1 y 3-2 se encuentran los resultados de la eficiencia en el uso de N en función del tercio de lactancia y la época del año, respectivamente. Como era de esperarse hubo efecto del tercio de lactancia sobre el N_{supl} ($p < 0,0001$) debido a que como se señaló en el capítulo anterior, a medida que avanza la lactancia se reduce la cantidad de suplemento alimenticio suministrado a los animales (Tabla 3-1). Así mismo, se encontró que durante la época lluviosa (Tabla 3-2) hubo un consumo mayor de nitrógeno proveniente del suplemento que en la época seca, debido a un mayor suministro del suplemento a los animales durante este periodo tal y como se había indicado en el capítulo anterior (Tabla 2-5). En cuanto al K_{forr} no se encontró efecto del tercio de la lactancia, pero sí de la época del año indicando que en la seca el consumo de nitrógeno proveniente del forraje fue mayor debido a que el consumo de forraje en esta época fue significativamente más alto (Tabla 2-5). Debido a lo anterior es de esperarse que tanto la época del año como el tercio de lactancia tengan efecto sobre el N_{tot} , presentándose mayores niveles de este en la época seca, donde a pesar de que como se dijo anteriormente el consumo del suplemento fue menor en esta época, este fue compensado por el aumento en el consumo de forraje, haciendo de esta manera el mayor aporte de N a la dieta. A pesar de ello, la concentración de PC en la dieta fue en promedio mayor en la época lluviosa debido a un menor consumo de materia seca.

La época del año y el tercio de lactancia tuvieron efecto significativo sobre el N_{heces} , cuya excreción estuvo asociada directamente con el nivel del N_{tot} . Por ello, no se encontró efecto significativo de la época del año y del tercio de la lactancia sobre la Dig. del N. Tampoco hubo efecto del tercio de la lactancia sobre el N_{urin} pero si hubo efecto de la época del año sobre este parámetro. La $ExcN$ no fue afectada por el tercio de la lactancia pero esta se incrementó durante la época seca. La secreción de N_{leche} , por su parte, fue mayor en los dos primeros tercios de la lactancia sin que fuese afectada por la época del año. Finalmente, la $EficN$ no fue afectada ni por el tercio de la lactancia ni por la época del año.

Tabla 3-1 Eficiencia en el uso del Nitrógeno en función del tercio de lactancia

Variable	Primer tercio	Segundo tercio	Tercer tercio	CME	Valor P
Nsupl, kg/vaca/d	0,187a	0,155b	0,120c	0,0024	<0,0001
Nforr, kg/vaca/d	0,348	0,320	0,316	0,006	0,173
Ntot, kg/vaca/d	0,536a	0,475b	0,437c	0,004	<0,0001
PCdieta, % de la MS	18,96	18,81	18,90	3,02	0,975
Nheces,	0,182a	0,165b	0,153c	0,0003	<0,0001
Dig. del N, %	65,27	64,56	65,25	40,81	0,773
Nurin, kg/vaca/d	0,283	0,260	0,288	0,0090	0,405
ExcN	0,465	0,425	0,442	0,009	0,224
Nleche,kg/vaca/d	0,128a	0,111a	0,087b	0,001	<0,0001
EficN, %	24,57	23,9	20,61	57,73	0,120

Nsupl: Nitrógeno consumido del suplemento; Nforr: Nitrógeno consumido del forraje; Ntot: Nitrógeno consumido total; PCdieta: Proteína cruda consumida; Nheces: Nitrógeno en las heces, Dig. Del N: Digestibilidad del nitrógeno; Nurin: Contenido de Nitrógeno urinario; Nleche: Contenido de Nitrógeno en leche; Efic, %; Eficiencia en el uso del nitrógeno; Exc N: Excreción de nitrógeno; EEM: Error estándar de la media

Tabla 3-2 Eficiencia en el uso del Nitrógeno en función del época del año

Variable	Época Lluvia.	Época Seca.	CME	Valor P
Nsupl, kg/vaca/d	0,166a	0,139b	0,0024	0,016
Nforr, kg/vaca/d	0,294a	0,364b	0,006	<0,0001
Ntot, kg/vaca/d	0,461a	0,504b	0,004	0,003
PCdieta, % de la MS	19,43a	18,30b	3,02	0,004
Nheces,	0,160a	0,172b	0,0003	0,002
Dig. del N, %	64,73	64,63	40,81	0,993
Nurin, kg/vaca/d	0,240a	0,317b	0,0090	0,0002
ExcN	0,401a	0,490b	0,009	<0,0001
Nleche, kg/vaca/d	0,106	0,111	0,001	0,384
EficN, %	23,17	22,8	57,73	0,841

Nsupl: Nitrógeno consumido del suplemento; Nforr: Nitrógeno consumido del forraje; Ntot: Nitrógeno consumido total; PCdieta: Proteína cruda consumida; Nheces: Nitrógeno en las heces, Dig. Del N: Digestibilidad del nitrógeno; Nurin: Contenido de Nitrógeno urinario; Nleche: Contenido de Nitrógeno en leche; EficN, %: Eficiencia en el uso del nitrógeno; ExcN: Excreción de nitrógeno; EEM: Error estándar de la media

En la tabla 3-3 y 3-4 se puede apreciar los resultados de la eficiencia en el uso de Fosforo en función del tercio de la lactancia y de la época del año, en este no se presentó interacción entre la época del año y el tercio de la lactancia. Allí se puede observar que el Psupl fue decreciendo a medida que avanzó el tercio de la lactancia debido a la disminución en el suministro de alimento concentrado como se observa en la tabla 2-5. Así

mismo, se puede observar que este fue más alto durante la época lluviosa en la que el suministro de suplemento alimenticio fue más alto (Tabla 2-5). La SalP no fue afectada ni por la época del año ni por el tercio de lactancia. El consumo de Pforr fue afectado por la época del año pero no por el tercio de la lactancia, dándose en la época seca el mayor consumo de P proveniente del forraje. Por otro lado, el Ptot fue afectado tanto por la época del año como por el tercio de la lactancia, encontrándose que en la época seca y en el primer tercio de lactancia se dio el mayor consumo de Ptot coincidiendo así con los mayores consumos de MS total en esta época y en este tercio (Tabla 2-5). El Pheces, el Pleche, la EficP la ExcP fueron afectados por el tercio de lactancia pero no por la época del año, presentándose los mayores niveles para todas estas variables en el primer tercio de la lactancia. La Dig, del P y el Purin no fueron afectadas ni por la época del año ni por el tercio de lactancia.

Tabla 3-3 Eficiencia en el uso del Fosforo en función del tercio de lactancia

Variable	Primer tercio	Segundo tercio	Tercer tercio	CME	Valor P
Psupl, kg/vaca/d¹	0,044 ^a	0,037b	0,028c	0,0001	<0,0001
Sal P kg/vaca/d	0,006	0,006	0,006	0,000004	0,978
Pforr, kg/vaca/d	0,047	0,043	0,044	0,00008	0,146
Ptot, kg/vaca/d	0,098 ^a	0,087b	0,078c	0,0001	<0,0001
Ptot, % de la MS	0,56	0,55	0,54	0,0038	0,651
Pheces, kg/vaca/d	0,076 ^a	0,069ab	0,064b	0,0002	0,028
Dig, del P, %	20,64	20,36	17,56	362,7	0,758
Purin, kg/vaca/d	0,0002	0,0002	0,0001	8,63E ⁻⁸	0,866
ExcP, kg/vaca/d	0,076 ^a	0,069a	0,062b	0,0002	0,051
Pleche, kg/vaca/d	0,021 ^a	0,016b	0,013c	0,00003	<0,0001
EficP, %	21,99 ^a	19,61ab	17,67b	43,74	0,051

¹Psupl: Fósforo consumido del suplemento; SalP: Contenido de Fosforo en la sal; Pforr: Fósforo consumido del forraje; Ptot: Fósforo consumido total; Ptot, % de la MS: Contenido de fosforo como porcentaje de la MS; Pheces: Contenido de fósforo en las heces, Dig. Del P: Digestibilidad del fósforo; Purin: Contenido de Fósforo en la orina; Pleche: Contenido de Fósforo en leche; EficP, %; Eficiencia en el uso del Fósforo; ExcP: Excreción de Fósforo; EEM: Error estándar de la media

Tabla 3-4 Eficiencia en el uso del Fosforo en función de la época del año

Variable	Lluvia.	Seca.	CME	Valor <i>P</i>
Psupl, kg/vaca/d¹	0,039 ^a	0,033 ^b	0,0001	0,018
Sal P kg/vaca/d	0,006	0,006	0,000004	0,779
Pforr, kg/vaca/d	0,039 ^a	0,051 ^b	0,00008	<0,0001
Ptot, kg/vaca/d	0,085 ^a	0,090 ^b	0,0001	0,008
Ptot, % de la MS	0,57 ^a	0,53 ^b	0,0038	0,0004
Pheces, kg/vaca/d	0,068	0,072	0,0002	0,255
Dig, del P, %	19,68	19,31	362,7	0,964
Purin, kg/vaca/d	0,0001	0,0002	8,63E ⁻⁸	0,463
ExcP, kg/vaca/d	0,068	0,072	0,0002	0,442
Pleche, kg/vaca/d	0,016	0,017	0,00003	0,211
EficP, %	19,32	20,13	43,74	0,513

¹Psupl: Fósforo consumido del suplemento; SalP: Contenido de Fosforo en la sal; Pforr: Fósforo consumido del forraje; Ptot: Fósforo consumido total; Ptot, % de la MS: Contenido de fosforo como porcentaje de la MS; Pheces: Contenido de fósforo en las heces, Dig. Del P: Digestibilidad del fósforo; Purin: Contenido de Fósforo en la orina; Pleche: Contenido de Fósforo en leche; EficP, %; Eficiencia en el uso del Fósforo; ExcP: Excreción de Fósforo; EEM: Error estándar de la media.

En la tabla 3-5 y 3-6 se puede observar la Eficiencia en el uso de Potasio en función del tercio de lactancia y la época del año. No se presentó interacción entre la época del año y el tercio de la lactancia. En esta se puede apreciar como el Ksupl fue afectado tanto por el tercio de lactancia como por la época del año, donde en el primer tercio y en la época lluviosa se dio el mayor consumo del K proveniente del suplemento. La SalK, El Kforr, el Ktot fueron afectados solo por la época del año y para todas las variables los mayores niveles de K se presentaron en la época seca. El Ktot % de la MS y la Dig, del K no fueron afectados ni por la época del año ni por el tercio de la lactancia Por otro lado el Kheces fue afectado solo por la época del año presentando las mayores excreciones de potasio vía heces en la época seca. El Kleche solo fue afectado por el tercio de la lactancia en donde el mayor nivel de secreción de K en la leche se dio en el primer tercio.

La EficK fue afectada tanto por el tercio de lactancia como por la época del año, observándose la mayor EficK en la época lluviosa y en el primer tercio de la lactancia. La ExcK, fue afectada solo por el tercio de lactancia presentándose los mayores niveles de ExcK en el tercer tercio de lactancia.

Tabla 3-5 Eficiencia en el uso del Potasio en función del tercio de lactancia

Variable	Primer tercio	Segundo tercio	Tercer tercio	CME	Valor P
Ksupl, kg/vaca/d ¹	0,060a	0,050b	0,039c	0,0002	<0,0001
Sal K kg/vaca/d	0,00007	0,0002	0,0001	0,0000002	0,683
Kforr, kg/vaca/d	0,374	0,349	0,350	0,010	0,506
Ktot, kg/vaca/d	0,435	0,400	0,389	0,010	0,185
Ktot % de la MS	2,44	2,52	2,66	0,271	0,310
Kheces, kg/vaca/d	0,071	0,069	0,065	0,0007	0,677
Dig, del K, %	82,43	81,54	81,91	85,72	0,933
Kurin, kg/vaca/d	0,339	0,350	0,403	0,034	0,391
ExcK, kg/vaca/d	0,411a	0,419a	0,468 ^a	0,037	0,040
Kleche, kg/vaca/d	0,038a	0,029b	0,021c	0,00006	<0,0001
EficK %	9,59a	7,85b	6,01c	10,35	0,0005

¹Ksupl: Potasio consumido del suplemento; Kforr: Potasio consumido del forraje; ktot: Potasio consumido total; Ktot, % de la MS: Contenido de Potasio como porcentaje de la MS; Kheces: Potasio en las heces, Dig. Del K: digestibilidad del Potasio; Kurin: Contenido de Potasio en la orina; Kleche: Contenido de potasio en leche; Efic, K %; Eficiencia en el uso del Potasio; ExcK: Excreción de Potasio; EEM: Error estándar de la media.

Tabla 3-6 Eficiencia en el uso del Potasio en función de la época del año

Variable	Lluvia.	Seca.	CME	Valor P
Ksupl, kg/vaca/d ¹	0,053	0,046	0,0002	0,073
Sal K kg/vaca/d	0a	0,0002b	0,0000002	0,010
Kforr, kg/vaca/d	0,323 ^a	0,395b	0,010	0,001
Ktot, kg/vaca/d	0,376 ^a	0,442b	0,010	0,003
Ktot % de la MS	2,52	2,57	0,271	0,699
Kheces, kg/vaca/d	0,060 ^a	0,077b	0,0007	0,003
Dig, del K, %	83,06	80,72	85,72	0,268
Kurin, kg/vaca/d	0,331	0,401	0,034	0,088
ExcK, kg/vaca/d	0,391	0,479	0,037	0,481
Kleche, kg/vaca/d	0,030	0,028	0,00006	0,340
EficK %	8,64 ^a	6,83b	10,35	0,016

¹Ksupl: Potasio consumido del suplemento; Kforr: Potasio consumido del forraje; ktot: Potasio consumido total; Ktot, % de la MS: Contenido de Potasio como porcentaje de la MS; Kheces: Potasio en las heces, Dig. Del K: Digestibilidad del Potasio; Kurin: Contenido de Potasio en la orina; Kleche: Contenido de potasio en leche; Efic, K %; Eficiencia en el uso del Potasio; ExcK: Excreción de Potasio; EEM: Error estándar de la media.

3.5 Discusión

En la tabla 2-1 del capítulo 2 se mostraron la temperatura ambiental (TEMP), humedad relativa (HR) y precipitación (PREC) de las épocas seleccionadas en el experimento. En esta tabla se puede ver como la época denominada lluviosa, no es tal, ya que hay una

irregularidad en los regímenes de lluvias ocurridos en estos meses seleccionados como dicha época, presentándose una menor precipitación en estos meses con respecto a otros años (ilustración 2). Sin embargo, para efectos de identificación de cada época, se seguirá llamando a los meses de Mayo-Junio como época lluviosa y los meses de Agosto-Septiembre como época seca.

En el capítulo 2 se mostraron la composición química de los suplementos alimenticios (tabla 2-1) y de los forrajes (tabla 2-2) que consumieron las vacas en cada uno de los hatos ubicados en los cinco municipios, en estas se pudo ver como no hubo efecto de la época del año sobre la composición química de estos. Además también se mostraron las características de las vacas incluidas en el experimento (tabla 2-4), donde se encontró que no hubo efecto de la época del año sobre los DEL, PV, PL, PC y G y que como era de esperarse hubo efecto del tercio de la lactancia sobre la producción de leche y sobre el contenido de G pero no sobre el contenido de PC.

3.5.1 Uso del N

El N_{supl} fue mayor en el primer tercio de lactancia ($p < 0,0001$) debido a que en este tercio se dio el mayor consumo de suplemento alimenticio. Así mismo, el N_{supl} fue mayor en la época lluviosa ($p < 0,016$) debido a un mayor suministro del suplemento, contrario a lo reportado por Jaimes y Correa (2016) quienes encontraron que fue durante la época seca en la que los productores incrementaron el suministro de suplementos alimenticios frente a la época lluviosa debido aparentemente a un mecanismo de prevención en la disminución en la producción de leche como consecuencia a una posible reducción en la oferta forrajera. Es probable que los productores hubiesen aplicado la misma estrategia en este experimento debido a que las precipitaciones no fueron las que se esperaban tomando la misma medida preventiva que reportaron Jaimes y Correa (2016).

El N_{tot} fue así mismo, superior en el primer tercio ($p < 0,0001$) debido al mayor consumo de suplemento. La excreción de N_{heces} varió en función del N_{tot}. Así en la medida que avanzó la lactancia y se redujo el N_{tot}, en esa medida se redujo el N_{heces}. Así mismo en la época seca hubo un mayor N_{tot} ($p < 0,003$) y, en consecuencia, se presentó una mayor excreción de N_{heces}. Este comportamiento ha sido reportado por otros autores. Así, Da Silva et al., (2012) reportaron una regresión entre el N_{tot} y el N_{heces} en novillas Brahman

cuyo R^2 fue 0,86 y una pendiente de 0,35 g Nheces/g Ntot indicando una alta relación positiva entre estas dos variables. Mulligan et al., (2004) igualmente encontraron un aumento en la excreción Nheces a medida que aumentó el Ntot. Kauffman y St- Pierre (2001), así mismo reportaron un aumento en el Nheces en vacas Holstein y Jersey en función del Ntot. Jaimes y Correa (2016) en un trabajo realizado en vacas Holstein del norte de Antioquia, reportaron una alta correlación positiva entre el Nheces y Ntot. Todo lo anterior indica entonces que en la medida en que se incrementa el Ntot en esa medida se incrementa el Nheces con las consecuencias ambientales que esto acarrea.

Bargo et al. (2002) encontraron que al incrementar el nivel de suplementación desde 0,8 hasta 8,6 kg de MS en vacas Holstein, el Ntot no se vio afectado pero sí hubo un aumento significativo en el Nheces, sin que dieran una explicación sobre este fenómeno.

El Nforr fue mayor en la época seca ($p < 0,0001$) y fue determinante en que el Ntot también fuera mayor en dicho periodo. Sin embargo, el contenido de PC en la dieta total fue menor en este periodo ($p < 0,004$) debido a que el CMSt fue más baja durante la época lluviosa (tabla 2-5). A pesar de las diferencias en el Nsupl, el Ntot y PCdieta, la Dig del N no difirió entre los tercios de lactancia ($p > 0,773$) ni entre los periodos experimentales ($p > 0,993$). Resultados similares fueron reportados por Jaimes y Correa (2016), en un trabajo realizado en el norte de Antioquia, aunque con unos promedios ligeramente más altos que los hallados en este trabajo. Correa et al. (2011) reportaron que la Dig del N en vacas Holstein pastando praderas de kikuyo y suplementadas con un alimento a base de maíz y torta de soya en el oriente antioqueño, fue similar al hallado en este trabajo. Correa et al., (2011) por su parte encontraron que la Dig del N con vacas Holstein suplementadas con un alimento con 50% de almidones provenientes de maíz o yuca, fue similar al hallado en este trabajo, pero cuando el porcentaje de almidones provenientes de estas fuentes se redujo al 30% la Dig del N se redujo en cerca de 6%.

No obstante que hubo diferencia en el Ntot, el Nurin no fue afectado por tercio de la lactancia ($p > 0,405$) coincidiendo con los resultados de Jaimes y Correa (2016) y con Correa et al. (2011) quienes tampoco observaron cambios en el Nurin en función del tercio de la lactancia. Otros autores, por el contrario, han reportado un aumento significativo en el Nurin en función del Ntot. Así Mulligan et al. (2004) encontraron un aumento significativo en el Nurin explicado por un modelo lineal cuya pendiente fue $0,716 \times \text{Ntot}$, sugiriendo una alta excreción de Nurin y que, además, este es mucho mayor que el Nheces cuya pendiente fue $0,165 \times \text{Ntot}$. Un aumento en el Nurin puede ser debido a que la calidad del N absorbido se reduce con dietas con mayor contenido de N, disminuyendo su capacidad

de ser utilizado tanto en la síntesis de proteínas lácteas como en la síntesis de proteínas tisulares (Alcaraz et al., 2001, Delgado 2002, Saldarriaga y Soto 2004).

Bargo et al. (2014) encontraron que la suplementación tenía un efecto de disminución sobre la excreción de N vía urinaria, lo cual está de acuerdo con los resultados encontrados en este trabajo en el que se observó que cuando hubo un mayor consumo de suplemento alimenticio (época lluviosa), el Nurin fue menor (Tabla 3-2). El Nurin como porcentaje del Ntot fue menor en la época lluviosa ($p<0,013$) y en el primer tercio ($p<0,034$), ya que fue en estos periodos cuando la suplementación alimenticia fue mayor.

La recomendación de PC que hace la NRC (2001) para vacas lactantes Holstein de 680 kg de peso que producen en promedio 25 Lt de leche, es de 14,1% lo cual está muy por debajo de los datos hallados en este trabajo. Los valores más altos de PC se encontraron en la época lluviosa (18, 3%) que sigue siendo más alta que la recomendación del NRC (2001). Esto indica que en los hatos estudiados hay un exceso de PC en la dieta que podría llevar a la generación de excesos de amonio ruminal y de urea en sangre que puede afectar los órganos reproductivos, los niveles hormonales y tener un efecto toxico sobre los óvulos los espermatozoides y el embrión en las vacas (Campos y Hernández 2008). Según Meléndez y Wainstein (2011) en hatos lecheros en Chile se está llevando a cabo la práctica de aumentar los porcentajes de PC entre 18,5 y 19,5% en la dieta, los cuales son datos muy parecido a los encontrados en este trabajo, y que conduce a pensar que los productores están llevando a cabo estos aumentos en los niveles de PC sin tener en cuenta los efectos adversos que trae esto sobre la salud reproductiva de los animales. Además estos aumentos de PC no tienen efectos significativo sobre parámetros productivos tales como producción de leche, %PC y %G (Bubolz y Mee, 2007). McCormick et al. (1999) evaluaron 3 niveles de inclusión de PC en la dieta y proteína no degradable en rumen (23.1% y 5.8%; 17.7% y 5.0%; 17,2% y 6,8%) y encontraron que a mayor nivel de PC en la dieta mayor era la concentración de N ureico en el plasma y menor fue la tasa de preñez al primer parto sin que el aumento en el contenido de PC en la dieta tuviera efecto sobre la producción de leche. Colmenero y Broderick (2006) encontraron en un estudio con niveles crecientes de PC (Desde 13,5 hasta 19,4%), que a porcentajes mayores de 16,5% no se observaron incrementos en la producción de leche ni en el contenido de proteína en la leche, por lo que proporcionar estos altos niveles de PC además de tener efectos

adversos sobre la reproducción y no tener efectos positivos sobre parámetros productivos, resultaría antieconómico y afectaría negativamente el ambiente (Hubbard et al., 2004).

Debido a que en la época seca fue mayor el Ntot, era de esperarse que la ExcN también fuera mayor como efectivamente se encontró ($p < 0,0001$) (tabla 3-2). La Nleche, por el contrario, no fue afectada por la época del año ($p > 0,384$); sin embargo, como era de esperarse, se fue reduciendo con el avance de la lactancia ($p < 0,0001$). Los valores de Nleche hallados en este trabajo en cada tercio de la lactancia son muy similares a los reportados por Jaimes y Correa (2016) en un trabajo realizado en el norte de Antioquia con vacas Holstein. No obstante que Nleche se redujo con el tercio de la lactancia, la EficN no fue afectada por este factor ($p > 0,120$) debido a que el Ntot también fue disminuyendo con el tercio de la lactancia. Jaimes y Correa (2016), por el contrario, reportaron una reducción significativa en la EficN al avanzar los tercios de la lactancia. La EficN promedio hallado en este trabajo ($23 \pm 7,6\%$), sin embargo, fue más alta que la reportada por Jaimes y Correa (2016) ($18,9 \pm 3,9\%$) debido a que el Ntot en el caso de estos autores fue superior al hallado en este trabajo. Esta eficiencia, así mismo, fue mayor que las reportadas por Correa et al. (2011) y Alcaraz et al. (2001) en vacas Holstein del oriente antioqueño, así como a las reportadas por León et al. (2007) y Castro et al. (2009) en la Sabana de Bogotá. Igualmente, la EficN hallada en este trabajo fue más alta que la reportada por Bargo et al. (2002) en vacas Holstein en Estados Unidos, pero similar a la hallada por Naves et al. (2015) con vacas Holstein en Brasil, y por Conti et al. (2014) cuando suministraron una dieta baja en PC (14,2%) a vacas Holstein en Brasil. Cuando la dieta suministrada fue alta en proteína (15,7%), la EficN se redujo en 2,5% confirmando que el contenido de PC tiene un efecto directo sobre la eficiencia en el uso del N y la excreción fecal y urinaria (Stallings y Knowlton 2009). Broderick (2003) reportó que la disminución en el contenido de PC en la dieta desde 18,4% hasta 15,1% no afectó la producción ni el contenido de PC en la leche, al tiempo que mejoró la eficiencia en el uso del nitrógeno, pasando desde 23,9% de EficN con la dieta alta en proteína a 30,3% de EficN con la dieta baja en proteína.

El Contenido de PC en las dietas de las vacas lactantes en sistemas especializados en Antioquia es muy alto siendo responsable de la baja eficiencia en el uso del N en estos hatos y de las altas excreciones por heces y orina que se presentan en estos hatos. Jaime y Correa (2016) estimaron que en promedio la ExcN al suelo por estas dos vías representaba 523,8 kg/ha/año, lo que sumado al aporte que se hace mediante la

fertilización, supera la tonelada de N anual. El promedio de PC en las dietas de vacas lactantes en otras latitudes es mucho menor, así Huhtanen y Hristov (2009) reportaron que en promedio este parámetro en hatos lecheros de Estados Unidos fue de 17,8%. Jonker et al., (1998) revisando información de dietas para vacas lecheras en Estados Unidos encontraron un promedio de PC de 17,5%. Spek et al. (2013), por su parte, analizaron el uso del N en hatos lecheros del Noroeste de Europa y Norte América encontrando que el contenido de PC en la dieta fue de 16,1% y 17,1%, respectivamente. La EficN reportado por Huhtanen y Hristov (2009) fue de 24,7%, la Jonker et al. (1998) fue de 28,3%, mientras que la de Spek et al. (2013) fue de 27,4%. Estos reportes indican que es posible obtener altas producciones de leche como las que se encuentran en estas regiones del mundo, con bajas concentraciones de PC en la dieta y altas EficN.

3.5.2 Uso del P

El Psupl fue mayor en el primer tercio de la lactancia ($p < 0,0001$) ya que allí se dio el mayor suministro de suplemento alimenticio en la dieta (ver tabla 2-5). Este mismo fenómeno fue encontrado por Jaimes y Correa (2016) en un trabajo realizado en vacas Holstein en el norte de Antioquia. Sin embargo, en este trabajo se encontró que el Psupl fue mayor en la época de lluvias ($p < 0,018$) contrario a lo que reportaron Jaimes y Correa (2016) quienes encontraron que el mayor nivel de Psupl se dio en la época seca, ya que, a diferencia de lo encontrado en este trabajo, ellos reportaron que el mayor consumo de suplemento alimenticio se daba en esta época. El Pforr fue mayor en la época seca ($p < 0,0001$) ya que como se puede ver en la tabla 2-5 fue en esta donde el CMSp fue mayor. El Ptot fue por ende más alto en el primer tercio ($p < 0,0001$) y en la época seca ($p < 0,008$). El Ptot hallado en este trabajo, es mucho mayor al que recomienda el NRC (2001) para vacas lactantes produciendo 25Lt de leche, el cual es de solo 44,2 g/día. León et al. (2008) trabajando con vacas Holstein en la Sabana de Bogotá encontraron un Ptot que osciló entre 85 y 98g/día. Datos similares fueron reportados por Arriaga et al. (2009) en 64 hatos lecheros en el País Vasco, quienes encontraron que el promedio de Ptot fue 84,8 g/vaca/día, los cuales están muy por encima de los datos encontrados en este trabajo y de la recomendación del NRC (2001). Este exceso de P debe ser excretado ya que a medida que se aumenta el consumo de este mineral, en esa misma medida se aumentará su excreción (León et al., 2008, Jaimes y Correa 2016, Mulligan et al., 2004). La ExcP fue afectada por el tercio de la

lactancia ($p < 0,051$) siendo mayor en el primero cuando se dio el mayor P_{tot} . Debido a que la principal vía de $ExcP$ es por las heces (NRC 2001, Wu et al., 2001), el P_{heces} fue mayor en el primer tercio y representó un mayor porcentaje de la $ExcP$, llegando al 99,7% de las $ExcP$. Aunque la mayoría del P_{heces} es proveniente del P endógeno, representando entre el 95 y el 98% del P_{heces} (NRC 2001), es muy difícil determinar con exactitud cuánto del P_{heces} proviene del P ingerido y cuanto de pérdidas endógenas, con lo que la digestibilidad verdadera del P es subestimada. El Purin por su lado no fue afectado por el tercio de lactancia ($p > 0,866$) ni por la época del año ($p > 0,463$) debido a que la excreción es tan baja que algunas muestras mostraron cifras no detectables y generando una alta variabilidad en los resultados.

La P_{leche} fue mayor en el primer tercio de lactancia ($p < 0,0001$) pero no fue afectado por la época del año ($p > 0,211$). Este mismo resultado fue reportado por Jaimes y Correa (2016), mientras que León et al., (2008) reportaron valores parecidos a los encontrados en este trabajo para vacas Holstein en la Sabana de Bogotá (entre 18,2 y 16,3 g/vaca/día).

La $EficP$ se fue reduciendo con el avance de la lactancia ($p > 0,051$) sin que se viese afectado por la época del año ($p < 0,51$). Jaimes y Correa (2016) encontraron, así mismo, una disminución en la $EficP$ con el avance de la lactancia, aunque con valores más altos que los hallados en este trabajo. León et al. (2008), por su parte, reportaron $EficP$ similares a las halladas en este trabajo oscilando entre 17,8 y 21,1%. Estos datos, sin embargo, son menores a los reportados por Klop et al. (2013) utilizando datos publicados en diferentes partes del mundo, quienes encontraron que en promedio $EficP$ fue de 42% y que este se encontraba correlacionado negativamente con el contenido de P en la dieta.

3.5.3 Uso del K

El K_{supl} fue más alto en el primer tercio ($p < 0,0001$) y en la época lluviosa ($p < 0,073$), donde se dio el mayor nivel de suministro de suplemento alimenticio (ver tabla 2-5). El K_{forr} fue mayor en la época seca ($p < 0,001$) ya que allí se dio el mayor CM_{Sp} como se puede ver en la tabla 2-5, además el K_{tot} también fue mayor en esta época ($p < 0,003$) debido a que fue allí cuando el CM_{St} fue mayor (tabla 2-5). Jaimes y Correa (2016) tampoco encontraron efecto del tercio de la lactancia sobre el K_{forr} y el K_{tot} , sin embargo, contrario a lo reportado en este trabajo, ellos no encontraron efecto de la época del año sobre estas variables. A pesar de que el K_{tot} no fue afectado por el tercio de lactancia se puede observar que hay

una disminución del K_{tot} con el avance de la lactancia, contrario a los que encontraron Jarrett et al. (2012), quienes trabajando con vacas Holstein en el estado de Virginia, encontraron un aumento en este conforme avanzaba la lactancia. Bannink et al. (1999) analizando la información de diez hatos lecheros de los Países Bajos, encontraron un K_{tot} más bajo que el hallado en este trabajo (389,5 g/vaca/día), aunque con un rango bastante amplio (de 157,7 a 641,1 g/vaca/día).

A pesar de que la principal vía de excreción del K es por la orina, a través de las heces se excreta cierta cantidad (NRC, 2001). Para este trabajo el mayor K_{heces} se dio en la época seca ($p>0,003$), que fue donde se encontró el K_{tot} más alto, sin que se viera afectado por el tercio de la lactancia ($p<0,67$). Bannink et al. (1999) hallaron un promedio de K_{heces} de 43,6 g/vaca/día, lo cual es mucho menor a lo encontrado en este trabajo lo que puede ser debido al menor K_{tot} reportado por estos autores. El K_{urin} fue la principal vía de excreción de este mineral y fue mayor en la época seca ($p<0,088$). Nennich et al. (2006) estimaron que la excreción urinaria de este mineral en vacas lecheras, de la Universidad Estatal de Washington, fue de 160,8 g/vaca/día, valor mucho menor al encontrado en este trabajo. Bannink et al. (1999) por su parte, reportaron un K_{urin} mucho mayor que el de Nennich et al. (2006) (310,2 g/vaca/día), y que además fue ligeramente más bajo que el hallado en este trabajo. El K_{urin} en el presente trabajo representó el 84,1 % del total de las excreciones en esta época. Valor similar al reportado por Bannick et al., (1999) y por Forbes et al. (1922) pero mayor que el reportado por Jarret et al. (2012) quienes encontraron que el K_{urin} represento el 77,3 % de la excreción total.

A pesar de que la K_{heces} y la K_{urin} fueron afectadas por la época del año, la Ex_cK no lo fue y en cambio sí fue aumentando conforme fue avanzando la lactancia ($p<0,040$). Igualmente, Jarret et al. (2012), encontraron que a medida que fueron pasando las semanas de lactancia la Ex_cK fue aumentando, encontrando valores más bajos que los hallados en este trabajo (entre 262 – 339 g/vaca/día), debido probablemente a que los K_{tot} fueron mucho menores.

El K_{leche} fue disminuyendo conforme fue avanzando la lactancia ($p<0,0001$) sin que se viera afectado por la época del año. Jaimes y Correa (2016), encontraron este mismo

efecto en vacas Holstein del norte de Antioquia, mientras que Jarret et al. (2012) reportaron igualmente una reducción en el Kleche entre el primero y el segundo tercio de la lactancia. La disminución en la Kleche conlleva a que la Efick también se fuera reduciendo conforme avanzó la lactancia y fue más alta en la época lluviosa. Resultados similares fueron reportados por Jaimes y Correa (2016), cuyas Efick oscilaron entre 4,3 y 9,9%. Jarret et al. (2012), reportaron así mismo, una reducción en la Efick al avanzar la lactancia, pero cuyos valores fueron muy superiores oscilando entre 15,9 y 19,8% para el segundo y primer tercio de la lactancia, respectivamente. En la época lluviosa a pesar de que se dieron los CMSt mas bajos, llevando a que el Ktot también fuera más bajo en esta época, se reportó el Efick mas alto ya que la Kleche, fue más alta en dicha época, lo que confirma que al aumentar los consumos de determinado mineral se disminuirá la eficiencia en su uso.

Estos datos demuestran que al igual que el N y el P, el K es un mineral cuya eficiencia en el uso para síntesis de la leche es muy baja en los sistemas de producción que predominan en el norte de Antioquia, implicando excreciones al ambiente tanto por orina como por heces mucho más altas que las reportadas en otras latitudes. Las implicaciones ambientales que tienen dichas excreciones han sido ampliamente estudiadas e otros países (Cela et al., 2014, Gourley et al., 2012, Kojima et al., 2005) mientras que en Colombia no se tienen estudios suficientes sobre este tema, este trabajo, sin embargo, aporta a una discusión que no puede postergarse por mucho tiempo y que tiene que ver con el efecto ambiental que generan los malos manejos nutricionales en los hatos lecheros especializados en Colombia.

3.6 Conclusiones

Bajo las condiciones en que se realizó este trabajo de investigación se encontró que el consumo de N, P y K en vacas Holstein del norte de Antioquia es más alto que el reportado en otros países, lo que afectó negativamente la eficiencia en el uso de estos nutrientes. Dicha eficiencia, además, se vio reducida con el tercio de la lactancia y con el incremento en la suplementación alimenticia en la época lluviosa.

3.7 Bibliografía

1. **Alcaráz C, Alviar D, Correa H. 2001** Eficiencia en el uso de nitrógeno en vacas lactantes en un hato lechero del oriente antioqueño; Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 14 (Suplemento): 34
2. **Arriaga, H.; Pinto, M.; Calsamiglia, S. and Merino P. (2009).** Nutritional and management strategies on nitrogen and phosphorus use efficiency of lactating dairy cattle on commercial farms: An environmental perspective. *J. Dairy Sci.*, 92: 204–215.
3. **Bannink A, Valk H, y Van Vuuren A.M. (1999).** Intake and excretion of sodium, potassium, and nitrogen and the effects on urine production by lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 82:1008–1018.
4. **Bargo F. 2002.** Eficiencia de utilización del nitrógeno en sistemas lecheros pastoriles. IAH15. [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/3A721D9F8A377D9585257D55006A88C7/\\$FILE/11.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/3A721D9F8A377D9585257D55006A88C7/$FILE/11.pdf)
5. **Bravo, D, Sauvant, D, Bogaert, C, Meschy, F. (2003).** III. Quantitative aspects of phosphorus excretion in Ruminants. *Reproduction Nutrition Development, EDP Sciences*, 43 (3): 285-300.
6. **Broderick G.A. (2003).** Effects of Varying Dietary Protein and Energy Levels on the Production of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86:1370–1381.
7. **Bubolz J. y Mee M. (2007).** The effect of dietary crude protein on lactating dairy cattle. [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: <https://www.uwplatt.edu/files/agriculture/bubolz07.pdf>
8. **Campos R. y Hernández E. 2008.** relacion nutrición fertilidad en bovinos. Un enfoque Bioquímico y fisiológico. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3656/1/romulocamposgaona2008.pdf>
9. **Castillo, A.R, Kebreab, E, Beever, D.E, Barbi, J.H, Sutton, J.D, Kirby, H.C and France, J. K. E. (2001).** The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *J ANIM SCI*, 79, 240-246.

10. **Castro, E.; Mojica, J. E.; León, J.; Pabón, M.; Carulla, J. y Cárdenas, E. (2009).** Balance de Nitrógeno en pastura de gramíneas y pastura de gramínea más *Lotus uliginosus* en la sabana de Bogotá, Colombia. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1): 91-101.
11. **Cela S, Ketterings Q, Czymmek K, Soberon M, y Rasmussen C. (2014).** Characterization of nitrogen, phosphorus, and potassium mass balances of dairy farms in New York State. *J. Dairy Sci.* 97:7614–7632.
12. **Correa, H.J, Pabón, M.L, Sánchez, M.Y, Carulla J.E. (2011).** Efecto del nivel de suplementación sobre el uso del nitrógeno, el volumen y la calidad de la leche en vacas Holstein de primero y segundo tercio de lactancia en el trópico alto de Antioquia. *Livestock Research for Rural Development*, 23.
13. **Correa H.J, Rodríguez Y.G, Pabón M.L, Carulla J.E. (2012).** Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. *Livestock Research for Rural Development*, 24.
14. **Colmenero J.J, Broderick G.A. (2006).** Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 89(5):1704-12.
15. **Conti L.H, Ferreira de Jesús E.; Pereira A.S, Arcari M.A, Peixoto Júnior K, Rennó F, dos Santos M. (2014)** Nitrogen balance and milk composition of dairy cows fed with urea and soybean meal and two protein levels using sugar cane based diets. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 51(3): 242-251.
16. **Da Silva J.M, Diniz R.F, Gusmão S, Valadares S, Louzada L, Costa e Silva L.F. (2012).** Estimation of endogenous contribution and urinary excretion of purine derivatives from the total digestible nutrient intake in Nellore heifers. *R. Bras. Zootec.* 41(8):1899-1906.
17. **Delgado G F 2002** Estudio comparativo del balance de nitrógeno en vacas lactantes de dos grupos genéticos; Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 67p.
18. **FAO. (2002).** *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido.* Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm>

19. **FAO.** (29 de Noviembre de 2006). *La ganadería amenaza el medio ambiente es necesario encontrar soluciones urgentes.* Obtenido de <http://www.fao.org/Newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
20. **Forbes E.B, Schulz, Hunt C.H, Winter A.R, y Remler R.F (1922).** The mineral metabolism of the milch cow. *J. Biol. Chem.* 53: 218.
21. **García, M.I, Castro, J, Novoa, R, Báez D, y López j. (2007).** Caracterización del balance y la eficiencia en la utilización del nitrógeno, fósforo y potasio en las explotaciones de vacuno de leche en Galicia.[Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: <http://ciam.gal/uploads/publicacions/603archivo.pdf>
22. **Gourley J.P, Dougherty J, Weaver D, Aarons S, Awty I, Gibson D, Hannah M ., Smith A, y Peverill K. (2012).** Farm-scale nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur balances and use efficiencies on Australian dairy farms. *Animal Production Science* 52:929–944.
23. **Guerrero, R.R. (1998).** Fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá D.C: Monómeros Colombo-Venezolano S.A.
24. **Hubbard, P.K, Newton, G.L, Hill, G.M. (2004).** Water quality and the grazing animal. *J. anim. sci.*, 82, E225- E263.
25. **Huhtanen P, y Hristov A.N. (2009).** A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:3222–3232
26. **Jaimes LJ, Cerón JM, y Correa HJ (2015).** Efecto de la época del año y la etapa de lactancia sobre el consumo alimenticio de vacas Holstein pastoreando Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en Colombia. *Livestock Research for Rural Development* 27 (12).
27. **Jaimes, L y Correa, H.J. (2016),** Balance de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en vacas lactantes en dos épocas del año.
28. **Jarrett J.P, Taylor M.S, Nennich T.D, Knowlton K.F, Harrison J, y Block E. (2012)** Effect of dietary calcium and stage of lactation on potassium balance in lactating Holstein cows through 20 weeks of lactation. *The Professional Animal Scientist* 28: 502–506.
29. **Jonker J.S, Kohn R.A, y Erdman R.A. (1998).** Using Milk Urea Nitrogen to Predict Nitrogen Excretion and Utilization Efficiency in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 81:2681–2692.

30. **Kauffman, A.J, ST-Pierre, N.R. (2001).** The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, 84:2284-2294.
31. **Klop, G.; Ellis, J. L.; Bannink, A.; Kebreab, E.; France, J. and Dijkstra, J. (2013).** Metaanalysis of factors that affect the utilization efficiency of phosphorus in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 96: 3936–3949.
32. **Kojima H, Kume S, Nonaka K, Oshita T, Kozakai T y Hirooka H. (2005).** Effects of feeding and animal performance on nitrogen, phosphorus and potassium excretion by Holstein cows. *Animal Science Journal* 76:139–145.
33. **McCormick ME, French DD, Brown TF, Cuomo GJ, Chapa AM, Fernandez JM, Beatty JF, Blouin DC. 1999.** Crude protein and rumen undergradable protein effects on reproduction and lactation performance of Holstein cows. *J Dairy Sci.* 82(12):2697-708
34. **Mejía, T.A, Ochoa, O.R, y Medina, S.M. (2014).** Efecto de diferentes dosis de fertilizante compuesto. *Pastos y Forrajes*, 37, 31-37.
35. **Meléndez P. y Wainstein A. 2011.** No siempre más es mejor. [Internet]. [Citado 2016 Abr 06]; Disponible en: http://www.ehsmoler.com/reviews/may_11_no_siempre_mes_es_mejor.pdf.
36. **Mulligan, F.J, Dillon, P, Callan, J.J, Rath, M, O'Mara, F.P. (2004).** Supplementary Concentrate Type Affects Nitrogen Excretion of Grazing Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 87, 3451–3460.
37. **National Research Council (NRC). (2001).** The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press, Washington, D. C. 381p.
38. **Naves J.R, De Jesus E.F, Martins C. M. M. R., Tomazi T, de Freitas Junior J.E, Rennó F.P and Santos M.V. (2015).** Efficiency of dietary nitrogen utilization and digestive metabolism of dairy cows fed different nitrogen sources and sugarcane. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(4): 941-949.
39. **Nennich T.D, Harrison J.H, VanWieringen L.M, St-Pierre N.R, Kincaid R.L, M.A. Wattiaux, Davidson D.L y Block E. 2006.** Prediction and Evaluation of Urine and Urinary Nitrogen and Mineral Excretion from Dairy Cattle. *Journal of dairy science* 89(1):353-364.
40. **León, J.M, Mojica, J.E, Castro, E, Cárdenas, E.A, Pabón, M.L, Carulla, J.E. (2008).** Balance de nitrógeno y fosforo de vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). *Rev. Colom. Cienc. Pecuaria*, 21.

41. **Sánchez, M.L, Villaneda, V.E. (2009).** Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano. Corpoica. 24p.
42. **Saldarriaga C y Soto S 2004** Efecto de dos edades de rebrote del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre el balance de nitrógeno en vacas Holstein de alta producción; Trabajo de grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 30p.
43. **Sierra, R.E. (2010).** *repositorio.uis.edu.co*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2014, de Eutrofización de embalses: Descripción, prevención y manejo: *repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7494/2/136071.pdf*.
44. **Spek J.W, Dijkstra J, van Duinkerken G, Hendriks W.H, y Bannink A. (2013).** Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 96:4310–4322.
45. **Wattiaux, M. A. (1997).** Body condition scores. Topic # 5. Topic summaries from: reproduction and genetic selection. Babcock Dairy Essentials.
46. **Wu, Z., Satter, L.D., Blohowiak, A.J, Stauffacher, R.H, and Wilson, J.H, (2001).** Milk Production, Estimated Phosphorus Excretion, and Bone Characteristics of Dairy Cows Fed Different Amounts of Phosphorus for Two or Three Years. *J. Dairy Sci.* 84:1738–1748.

4. Conclusiones

En el año en que se hizo este trabajo los regímenes de lluvias cambiaron un poco con respecto a lo sucedido en años anteriores, por lo cual, la época de lluvias seleccionada no fue tal, ya que no se produjo la precipitación esperada para esta época, lo cual es probable que haya influenciado los resultados y presuntivamente es por esto que no se encontraron diferencias significativas en la composición nutricional de las praderas y de los suplementos alimenticios en las dos épocas del año. Sin embargo se encontró un incremento significativo en el CMSp en la época denominada como seca al tiempo que se redujo el consumo del suplemento alimenticio. Aun así, el CMSt fue mayor en la época seca sin que ello afectara la producción y calidad de la leche.

Bajo las condiciones en que se realizó este trabajo de investigación se encontró que el consumo de N, P y K en vacas Holstein del norte de Antioquia es más alto que el reportado en otros países, lo que afectó negativamente la eficiencia en el uso de estos nutrientes. Dicha eficiencia, además, se vio reducida con el tercio de la lactancia y con el incremento en la suplementación alimenticia en la época lluviosa.

5.Recomendaciones

Esta investigación constituye solo un primer paso para conocer el manejo de nutrientes como el N, P y K en los sistemas de producción de lechería especializada en el norte de Antioquia, por lo que se hace necesario hacer otros trabajos en los cuales se arrojen resultados que ayuden a conocer más ampliamente los impactos de estos excesos y así mitigar los efectos negativos que tiene el mal manejo de los nutrientes en estos sistemas de producción sobre el ambiente.

Se hace necesario replantear los esquemas de fertilización que se tienen en los sistemas de producción de lechería especializada en el país, ya que según este trabajo, se están aplicando excesos de algunos nutrientes, los cuales afectan el ambiente.